

## **KOROSI BAJA TULANGAN BETON AKIBAT PENETRASI ION KLORIDA**

**Irwan<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Lhokseumawe State Polytechnic, Lhokseumawe City

\*Email: [irwan@pnl.ac.id](mailto:irwan@pnl.ac.id)

### **ABSTRAK**

Korosi baja tulangan beton akibat penetrasi ion-ion klorida merupakan penyebab utama kerusakan struktur beton bertulang yang terpapar di lingkungan laut. Korosi baja tulangan dalam beton dimulai dengan larut/pecahnya lapisan pasif protektif akibat serangan ion-ion klorida yang menembus selimut beton hingga di permukaan baja tulangan. Perpindahan ion-ion klorida dari lingkungan ke dalam beton dapat berlangsung dengan mekanisme difusi, permeasi dan absorpsi kapiler.

Kata Kunci: Korosi, Baja tulangan, Beton, Penetrasi ion klorida, Bentonite, Chitosan

### **ABSTRACT**

The corrosion of reinforced concrete steel due to the penetration of chloride ions is a major cause of damage to reinforced concrete structures exposed to marine environments. Corrosion of the reinforcing steel in concrete begins with the dissolution/breakdown of the protective passive layer due to the attack of chloride ions that penetrate the concrete cover to reach the surface of the reinforcing steel. The transfer of chloride ions from the environment into the concrete can occur through mechanisms such as diffusion, permeation, and capillary absorption.

Keywords: Corrosion, Reinforcing steel, Concrete, Chloride ion penetration, Bentonite, Chitosan

### **1. PENDAHULUAN**

Penggunaan baja tulangan beton sebagai bahan konstruksi di lingkungan laut dan pantai terutama untuk jembatan, dermaga, pelabuhan, dll semakin meningkat dewasa ini sejalan dengan peningkatan eksplorasi sumber daya kelautan di Indonesia. Namun struktur-struktur yang terpapar di lingkungan laut banyak mengalami kerusakan dan tidak dapat memenuhi umur layanan yang diharapkan akibat korosi baja tulangannya.

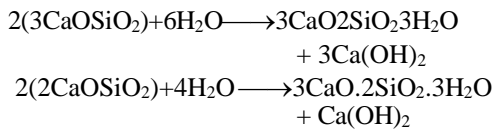
Dalam lingkungan laut, penetrasi ion klorida dari lingkungan ke dalam beton merupakan faktor utama pemicu korosi baja tulangan beton. Kandungan ion klorida yang tinggi di dalam air laut yaitu sekitar 19,354 gr/kg air laut (Roberge, 2000) mengakibatkan ion klorida mempunyai daya penggerak yang tinggi untuk terpenetrasi menembus beton menuju larutan pori dimuka baja tulangan. Terakumulasinya ion-ion klorida dalam selimut beton hingga konsentrasinya pada permukaan baja tulangan mencapai tingkat ambang batas akan mengakibatkan baja tulangan dalam beton yang semula pasif menjadi aktif terkorosi secara setempat.

Korosi yang terjadi pada baja tulangan beton dapat menyebabkan penurunan luas penampang baja tulangan sehingga menurunkan kekuatan

tarik baja tulangan dan juga menurunkan kekuatan lekatan antara baja tulangan dengan beton. Volume produk korosi baja tulangan dalam beton yang tidak larut sekitar 2 hingga 10 kali lipat volume mula-mula baja yang terkorosi (Bentur, 1997) sehingga menimbulkan sejumlah tegangan ekspansif yang dapat memicu terjadinya retakan-retakan pada selimut beton. Retakan yang terbentuk akan semakin mempercepat laju penetrasi ion klorida dan oksigen terlarut menuju permukaan baja tulangan sehingga mempercepat terjadinya korosi baja tulangan dan terkelupasnya selimut beton.

### **Ketahanan Korosi Baja Tulangan dalam Beton**

Komposisi semen Portland yang digunakan untuk campuran beton mengandung trikalsium silikat ( $C_3S$ ) 45 – 60 % berat, dikalsium silikat ( $C_2S$ ) 5 – 30 % berat, trikalsium aluminat ( $C_3A$ ) 6 – 15 %, tetra kalsium besi aluminat ( $C_4AF$ ) 6 – 8 %, dan alkali oksida ( $K_2O$  dan  $Na_2O$ ) 0,5- 1,5 % (Schutze, 2000). Pada saat pembuatan campuran beton,  $C_3S$  dan  $C_2S$  bereaksi dengan air menghasilkan gel kalsium silikat hidrat (CSH) dan kalsium hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ), dengan reaksi berikut:

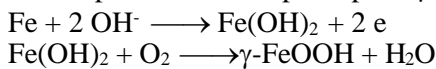


Kalsium hidroksida yang dihasilkan dari reaksi hidrasi semen akan menyebabkan larutan pori beton memiliki pH 12,5, namun dengan adanya  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$ , produk hidrasi semen juga mengandung  $\text{NaOH}$  dan  $\text{KOH}$  yang menyebabkan pH larutan pori beton naik hingga mencapai 13,8 (Schutze, 2000). Dalam lingkungan dengan pH yang tinggi tersebut, baja tulangan akan pasif dan pada permukaan baja tulangan terbentuk lapisan pasif

protektif yang dapat berupa senyawa besi oksida ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) atau senyawa besi hidroksida ( $\alpha\text{-FeOOH}/\gamma\text{-FeOOH}$ ) (Bentur, 1997). Reaksi pembentukan lapisan pasif oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ):

$$2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^-$$

Reaksi pembentukan lapisan pasif  $\gamma\text{-FeOOH}$ :



Lapisan pasif yang merata dan melekat kuat pada permukaan baja tulangan akan menghalangi kontak antara baja tulangan dengan lingkungannya dan menghambat pelarutan baja. Lapisan pasif yang terbentuk pada permukaan baja tulangan akan tetap stabil selama larutan pori beton tetap bersifat basa ( $\text{pH} > 12$ ) dan tidak terkontaminasi dengan ion-ion klorida.

### Mekanisme Pelarutan Lapisan Pasif

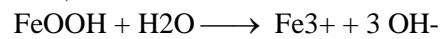
Seperti telah dikemukakan di atas bahwa baja tulangan dalam beton bersifat pasif jika tidak terkontaminasi oleh ion-ion klorida. Kestabilan lapisan pasif pada permukaan baja akan terganggu jika ion-ion klorida terpenetrasi ke dalam larutan pori beton.



Gambar 1. Mekanisme pelarutan lapisan pasif setempat (Jones, 1992)

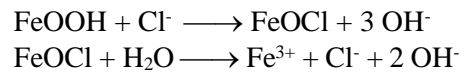
Mekanisme pelarutan lapisan pasif oleh ion-ion klorida, secara skematik ditunjukkan pada Gambar 1. Heusler dan Fischer (Jones, 1992) menyatakan bahwa pecahnya lapisan pasif pada lokasi-lokasi dipermukaan baja dimulai dengan pembentukan pulau-pulau garam  $\text{FeOCl}$ . Gambar 1a menunjukkan bahwa jika tidak terdapat ion-ion klorida pada permukaan baja, maka logam Fe berada dalam daerah pasif dan terbentuk lapisan

pasif  $\text{FeOOH}$ . Pelarutan lapisan pasif akan berlangsung sangat lambat dan membentuk ion ferri, melalui reaksi berikut:



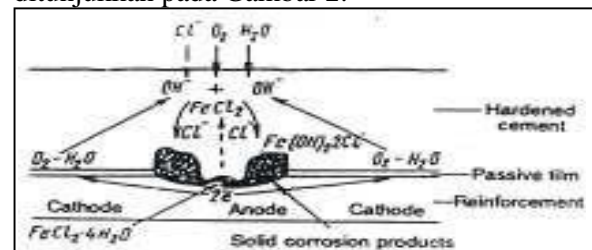
Jika ion-ion klorida teradsorpsi secara setempat pada permukaan baja akan terbentuk pulau-pulau garam  $\text{FeOCl}$  pada lokasi-lokasi tersebut (Gambar 1b) yang mengakibatkan percepatan pembebasan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dari lapisan terluar lapisan pasif.

Reaksi pembentukan  $\text{FeOCl}$  dan pelarutannya dapat digambarkan dengan reaksi :



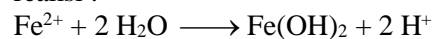
Setelah lapisan pasif larut secara setempat, maka larutan akan kontak langsung dengan permukaan baja. Jika repasivasi tidak dapat berlangsung (kandungan  $\text{Cl}^-$  dalam lokasi tersebut tinggi), maka baja akan teroksidasi dan larut secara setempat membentuk  $\text{Fe}^{2+}$  yang akan menyebabkan terjadinya korosi sumuran pada baja (Gambar 1c).

Pada saat lapisan pasif telah larut, proses korosi berlangsung dimana daerah yang berdekatan dengan permukaan baja yang masih pasif berfungsi sebagai katoda dan sumuran berfungsi sebagai anoda, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme korosi sumuran pada baja tulangan beton (Broomfield, 1997)

Kation  $\text{Fe}^{2+}$  yang larut di dalam sumuran menarik anion  $\text{Cl}^-$  untuk menjaga suasana netral dalam sumuran. Dengan semakin meningkatnya konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  dalam sumuran maka mendorong  $\text{Fe}^{2+}$  untuk berdifusi keluar sumuran dan terhidrolisis di muka sumuran sesuai dengan reaksi :



Ion  $\text{H}^+$  yang terbentuk akan menggantikan ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang terdifusi keluar sumuran sehingga kondisi di dalam sumuran semakin asam dan mengakibatkan proses pelarutan baja semakin meningkat.

### Mekanisme Penetrasi ion klorida dalam Beton

Bergantung pada kondisi lingkungannya, penetrasi ion klorida ke dalam beton dapat berlangsung melalui beberapa mekanisme yaitu

difusi, permeasi, dan absorpsi kapiler. Penetrasi air, oksigen terlarut dan ion-ion klorida ke dalam selimut beton terjadi melalui pori-pori beton atau melalui retakan-retakan yang terjadi pada beton. Difusi klorida berlangsung akibat adanya gradien konsentrasi klorida antara permukaan beton yang terpapar ke lingkungan dengan larutan pori beton.

Permeasi air yang mengandung klorida berlangsung akibat adanya aliran konvektif dalam beton yang disebabkan oleh perbedaan tekanan, sedangkan absorpsi kapiler air yang membawa klorida terjadi melalui penyerapan air yang mengandung ion klorida oleh pori-pori beton pada bagian beton yang tidak terendam, misalnya pada beton yang terpapar pada zona terpercik di lingkungan laut.

### **KESIMPULAN**

1. Lingkungan beton dengan pH yang tinggi menyebabkan baja tulangan beton pasif dan pada permukaan baja tulangan terbentuk lapisan pasif yang protektif.
2. Korosi baja tulangan di lingkungan laut terjadi akibat penetrasi ion klorida ke permukaan baja tulangan melalui larutan pori atau retakan pada beton.
3. Penetrasi ion klorida ke dalam beton terjadi melalui mekanisme difusi, permeasi, dan absorpsi kapiler.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bentur, A. S. Diamond, dan N.S. Berke, 1997, *Steel Corrosion in Concrete*, E&FN Spon, London
- Broomfield, J.P., 1997, *Corrosion of Steel in Concrete*, E&FN Spon, London
- Jones, D.A., 1992, *Principles and Prevention of Corrosion*, Macmillan Publishing Company, New York.
- Roberge, P.R., 2000, *Handbook of Corrosion Engineering*, Mc.GrawHill, New York.
- Schutze, M., 2000, *Corrosion and Environmental Degradation*, Material Science and Technology Series, Vol. II, Wiley-VCH, Weinheim.