

ANALISIS KEGAGALAN STRUKTUR BETON AKIBAT KOROSI BAJA TULANGAN

Ishak

Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Abstrak

Kegagalan struktur beton pada baja tulangan khususnya di lingkungan laut sering terjadi akibat korosi. Korosi pada baja berakibat rusaknya struktur beton. Kegagalan yang terjadi akibat korosi ini diawali dengan perusakan selaput pasif protektif. Pemicu pelarutan selaput pasif protektif disebabkan penetrasi ion-ion agresif dan oksigen terlarut. Produk korosi yang mungkin terbentuk FeOOCl , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , dan FeO dan berakibat desakan ekspansif terhadap selimut beton. Pencegahannya harus dilakukan saat perencanaan pembentuk struktur beton baja tulangan yang lebih matang, dan pengendalian saat struktur terpasang dilakukan dengan proteksi katodik.

Kata kunci : *Baja tulangan, korosi, selaput pasif, ion agresif, proteksi katodik*

1. Pendahuluan

Korosi merupakan salah satu masalah yang sangat serius dihadapi oleh para ahli teknik, karena serangan korosi dapat merambah sebagian besar peralatan logam yang digunakan. Serangan korosi dapat merusak sebagian besar peralatan yang digunakan dalam berbagai bidang kehidupan mulai dari peralatan rumah tangga, struktur jembatan, anjungan pengeboran minyak, berbagai pabrik petrokimia, kendaraan bermotor dan lain-lain yang menyangkut logam. Berbagai korosi tersebut umumnya merugikan, dalam beberapa kasus tertentu dapat membahayakan. Untuk menangani korosi terdapat tiga alasan penting yang perlu diperhatikan, yaitu aspek ekonomi, aspek keselamatan, dan aspek pelestarian.

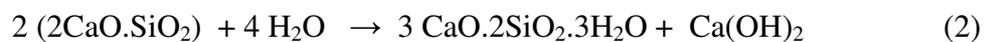
Sebuah bangunan dapat berdiri kokoh karena dibuat dari struktur beton dan dilengkapi dengan baja tulangan. Beton merupakan campuran antara semen, air, serta agregat kasar dan halus mengeras membentuk massa padat yang kuat, memiliki kuat tekan yang tinggi. Ketahanan pemakaiannya cukup lama dan biaya pembutannya relatif lebih murah dan dapat dikatakan material yang ekonomis sebagai bahan konstruksi. Penggunaan beton sebagai bahan konstruksi (jembatan, gedung, dermaga, dan lain-lain) dalam perkembangan infrastruktur semakin meningkat. Demikian pula penggunaan struktur beton bertulang dalam lingkungan laut dan pantai semakin meningkat dengan meningkatnya pemanfaatan pemakaian sumber daya laut. Namun akibat korosi baja tulangan umur layanan struktur beton yang terpapar dalam lingkungan laut mengalami kerusakan lebih cepat dari yang diharapkan.

Proses korosi baja tulangan dalam beton diawali dengan larutnya selaput pasif protektif baja akibat penurunan pH larutan pori beton yang disebabkan oleh proses karbonasi atau akibat serangan ion-ion agresif semisal klorida. Difusivitas dan penetrasi gas-gas berbahaya dan ion-ion agresif ke dalam beton mengakibatkan baja tulangan dalam beton yang semula pasif menjadi aktif

terkorosi secara setempat. Hal ini menjadi awal inisiasi terjadi kerusakan struktur beton akibat poduk korosi yang seterusnya menjalar kesegala arah merusak struktur beton suatu bangunan.

2. Tinjauan Pustaka

Campuran beton yang terdiri dari semen Portland, pasir, kerikil, dan air kekuatan struktur sangat tergantung pada komposisi yang dibuatnya. Semen Portland yang digunakan mengandung trikalsium silikat (C_3S) 4%-40% berat, dikalsium silikat (C_2S) 5%-30% berat, trikalsium aluminat (C_3A) 6%-15% berat, tetra kalsium feri alumianat (C_4AF) 6%-8%, dan alkali oksida (K_2O dan Na_2O) 0,5%-1,5 %. Pda saat pembuatan campuran beton, C_2S , C_3S bereaksi dengan air menghasilkan gel kalsium silikat hidrat (CHS) dan lasium hidrosida ($Ca(OH)_2$), sesuai reaksi :



Kalsium hidroksida dari hasil reaksi yang diperoleh dari hasil hidrasi semen akan menyebabkan larutan pori beton bersifat asam, namun oleh K_2O dan Na_2O , produk hidrasi semen membentuk $NaOH$ dan KOH yang menyebabkan pH larutan pori beton naik menjadi basa. Kondisi ini mengakibatkan baja tulangan menjadi pasif dan pada permukaannya terbentuk selaput pasif protektif.

Kestabilan selaput pasif pada permukaan baja tulangan akan terganggu jika penetrasi ion-ion klorida masuk ke larutan pori beton. Mekanisme pelarutan selaput pasif ($FeOOH$) pada lokasi-lokasi permukaan baja dimulai dengan pembentukan pulau-pulau garam $FeOCl$. Pelarutan selaput pasif berlangsung sangat lambat dan membentuk ion feri, sesuai reaksi:



Jika ion klorida terabsorpsi pada permukaan baja terbentuk pulau-pulau garam mengajibatkan percepatan pembebasan ion Fe^{3+} dari lapisan terluar selaput pasif. Setelah selaput pasif larut, maka larutan akan kontak langsung dengan permukaan baja. Bila pasivasi tidak berlangsung, baja akan teroksidasi dan larut secara setempat membentuk Fe^{3+} dan akan terjadi korosi sumuran.

Perpindahan cairan akibat tekanan hidrostatis pada temperatur tetap terjadi permeasi. Permeasi melalui air yang mengandung klorida akan terjadi secara konvektif akibat adanya perbedaan tekanan. Mekanisme ini menyatakan ion klorid yang terlarut di dalam air laut terpenetrasi ke dalam selimut beton. Tingkat permeasi dinyatakan dengan koefisien permeabilitas air yang melalui material pori beton. Penetrasi air ke dalam media yang berpori juga terjadi, juga merupakan proses perpindahan massa air akibat tegangan permukaan dalam lubang-lubang pori yang bersifat kapiler. Mekanisme ini dipengarusi oleh karakteristik dari cairan yang bergantung pada viscositas, densitas, tegangan permukaan, dan energi permukaan. Fluksi selama pengisapan kapiler pada kondisi steady state dalam

larutan pori untuk air yang tidak jenuh sangat bergantung pada densitas dan viscositas.

Terjadinya mekanisme difusi akibat adanya gradien konsentrasi atau potensial kimia ion klorida pada permukaan beton yang terpapar ke lingkungan dengan larutan pori dalam beton. Proses difusi terjadi karena ada perbedaan potensial kimia/konsentrasi antara permukaan beton luar dan permukaan baja dengan gerakan difusi dari kondisi tinggi ke kondisi rendah. Untuk suatu sistem larutan sebagaimana fluksi difusi ion-ion klorida mengikuti suatu persamaan Hukum Fick I.

3. Bahan dan Metode

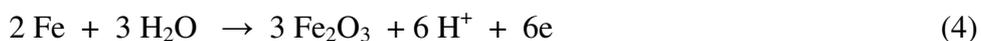
Bahan yang diambil untuk pengkajian ini dari survey pemantauan kegagalan beton bertulang pada beberapa titik kerusakan pada dermaga laut pelabuhan. Metode yang digunakan dengan cara mengambil produk korosi pada titik tersebut dan dianalisa secara kualitatif. Produk korosi yang diambil dibawa ke Laboratorium untuk mengetahui jenis-jenis produk korosi yang terbentuk.

4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil analisa laboratorium diperoleh produk-produk korosi yang diakibatkan peristiwa kegagalan struktur beton bertulang. Adapun hasil produk korosi tersebut yang diperoleh adalah FeOCl , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , dan FeO . Kemudian produk ini dikaji proses pembentukannya. Selain itu dikaji pula akibat produk korosi dan sistem pengendaliannya.

Kegagalan sebuah struktur beton tidak selalu diakibatkan oleh pengaruh mekanik seperti tegangan, pembebanan, guncangan, dan lain-lain. Sungguhpun penambahan baja tulangan pada struktur beton bertujuan menambah kekuatan daya tahan terhadap pengaruh beban mekanik. Namun hal lain kegagalan struktur akibat penambahan baja tulangan harus menjadi perhatian khusus, karena dapat mengakibatkan korosi. Korosi yang terjadi pada baja tulangan ternyata berakibat lebih berat terhadap kegagalan struktur dari pengaruh beban mekanik.

Kegagalan akibat korosi struktur beton baja tulangan dimulai dengan pecahnya selaput pasif di permukaan baja tulangan. Selaput pasif pada prinsipnya dibentuk oleh lapisan tipis FeOOH dan Fe_2O_3 . Peristiwa pembentukannya berlangsung menurut reaksi:



Dengan adanya selaput pasif ini pH mencapai 12,5 dalam larutan pori beton pada permukaan baja bersifat basa, baja terlindungi. Selaput pasif ini tidak dapat bertahan lama dengan adanya ion klorida yang berdifusi dalam pori yang dipicu oleh perbedaan tekan sehingga difusinya dalam pori bergerak dengan mudah. Saat

mencapai permukaan baja dapat merusak selaput pasif FeOOH membentuk FeOCl. Setelah selaput pasif larut teroksidasi membentuk Fe³⁺. Selanjutnya pada permukaan Fe juga terbentuk FeO dan Fe₃O₄ yang juga mudah larut, Oksida-oksida besi ini mendesak struktur beton disekitarnya dan timbul retakan, Retakan pada beton memperparah keadaan karena ion-ion agresif klorida dengan leluasa menjarah permukaan baja, akhirnya beton menjadi lapuk.

Apabila di dalam air laut terdapat ion-ion berbahaya lainnya seperti sulfat nitrat, maka baja akan lebih dipercepat korosinya. Oksigen terlarut yang terdapat dalam air membuat ion Fe bereaksi membentuk oksida-oksida baru, akan tetapi tidak sanggup bertahan, karena dirusak oleh ion agresif. Proses karbonisasi pun terjadi karena penetrasi gas CO₂, dari atmosfer ke dalam beton membentuk asam karbonat dalam larutan pori beton, kemudian bereaksi dengan kalsium hidroksida yang larut dalam larutan pori dan membentuk kalsium karbonat yang mengendap. Reaksi ini menyebabkan larutan pori beton menurun hingga kondisi yang sangat asam. Produk korosi yang dihasilkan menimbulkan tegangan yang ekspansif dan menyebabkan retakan serta pengelupasan selimut beton.

Peristiwa kegagalan ini setelah dikaji penyebabnya, maka untuk mencegahnya perlu adanya perencanaan yang matang dalam menanganinya. Faktor-faktor yang sangat perlu diperhatikan adalah karakteristik lingkungan, sifat material baja dan beton, serta perlakuan proses pembentukan struktur baja tulangan. Pengkajian lebih jauh bagaimana menanganinya setelah struktur terbentuk.

Untuk mencegah kegagalan ini perlu dipertimbangkan dalam perencanaan struktur, baja tulangan harus bebas kotoran seperti karat, kotoran binatang, dan hal-hal lain yang mengganggu. Prinsipnya harus bersih sebelum dipasang dalam beton. Selain itu diberi lapisan pelindung seperti galvanizing bila harapan umurnya lebih lama. Rancangannya dibuat untuk memungkinkan dapat dipasang proteksi katodik setelah struktur terbentuk. Kemudian perlu juga diperhatikan pada pengecoran beton agar dicegah jangan terjebak oksigen di dalamnya. Untuk itu pengecoran beton harus hati-hati supaya tidak berlubang atau banyak berpori.

5. Kesimpulan

Setelah kita mengaji peristiwa kegagalan pada struktur beton baja tulangan dalam lingkungan laut, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kegagalan yang terjadi pada struktur baja tulangan diakibatkan perencanaan yang belum matang, pada proses pembentukannya.
2. Kegagalan terjadi juga karena penetrasi ion-ion agresif, oksigen terlarut, dan perbedaan tegangan serta konsentrasi dalam pori beton ke permukaan baja, sehingga merusak selaput pasif protektif yang bersifat melindungi
3. Pengendaliannya dapat dilakukan pada awal pembentukan struktur, dengan penanganan yang matang, serta dengan proteksi katodik saat struktur terbentuk pada suatu lingkungan.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diberikan masukan sebagai rekomendasi yaitu pada pembentukan beton bertulang harus dilakukan dengan sangat hati-hati untuk mencegah kesalahan, dan selanjutnya perlu penelitian dan kajian yang lebih mendalam dalam hal difusi ion-ion agresif terhadap sifat beton dari segala faktor yang berpengaruh pada kerusakan struktur beton bertulang

Daftar Kepustakaan

1. Andrade, C., 1996, *Calculation of Chloride Ion Diffusion Coefficients Derived from Concentration Gradients and Non Steady State Accelerated Ionic Migration*, Materials and Structures, Vol 29
2. Bentur A., Diamond S., and Berke N. S., 1997, *Steel Corrosion in Concrete*, E and FN Spon.
3. Broomfield J.P., 1997, *Corrosion Steel in Concrete*, E and FN Spon
4. Gaskell D.R., 1992, *An Introduction in Transport Phenomena in Materials Engineering*, Macmillan, 1092
5. Jones D.A, 1992, *Principle and prevention of Corrosion*. Macmillan Publishing Company, 1092
6. Kropp J., 1995, *Performance Criteria for Concrete Durability*, Rilem Report
7. Roberge P.R., 2000, *Handbooks of corrosion Engineering*, Mc. Graw Hill,