

PENGARUH SALINITAS AIR LAUT TERHADAP NILAI POTENSIAL PROTEKSI ANODA DENGAN METODE ICCP

Imah Luluk Kusminah¹, Ahmad Fauzan 'Aadziima²

E-mail: imahluluk@untag-sby.ac.id¹

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

E-mail: fauzan_'aadziima@untag-sby.ac.id²

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Abstrak

Beton bertulang merupakan suatu material yang terbuat dari beton dan baja tulangan yang diaplikasikan pada bangunan dan struktur jembatan. Berdasarkan kegunaannya, beton bertulang terletak pada media yang sangat korosif yaitu di air laut. Korosi adalah penurunan mutu atau perusakan suatu logam karena bereaksi dengan lingkungannya. Proses terjadinya korosi pada beton bertulang di lingkungan air laut bisa disebabkan oleh pH, temperatur, dan salinitas atau kadar garam di air laut. Salinitas air laut berkisar antara 32 - 37 ‰. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh salinitas air laut terhadap nilai potensial proteksi anoda pada beton bertulang dengan metode ICCP. Penelitian ini dibagi menjadi tiga kondisi lingkungan yaitu 32 ‰, 34 ‰, dan 36 ‰ NaCl, stainless steel 304 sebagai anoda dan menggunakan elektroda referensi Cu / CuSO₄ dengan standar potensial proteksi -350 mV (ASTM C 876-91) untuk pengukuran nilai potensial proteksinya. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa beton di lingkungan 36 ‰ NaCl memiliki kebutuhan arus yang relatif lebih besar untuk dapat memproteksi dibandingkan dengan beton bertulang di lingkungan 32 ‰ NaCl dan 34 ‰ NaCl. Sehingga nilai potensial proteksi oleh anoda pada lingkungan 36 ‰ NaCl nilainya lebih tinggi daripada 32 ‰ NaCl dan 34 ‰ NaCl. Laju korosi pada 32 ‰ NaCl adalah 5,2 mpy, laju korosi 34 ‰ NaCl adalah 6,8 mpy, dan laju korosi pada 36 ‰ NaCl adalah 17,9 mpy. Berdasarkan uji weight loss dan tabel perbandingan mpy dengan tingkat korosi metrik setara (NACE International, 2002) tingkat korosi pada tiga kondisi salinitas termasuk tingkat yang baik dengan kisaran antara 5-20 mpy.

Kata Kunci: Laju Korosi, Beton Bertulang, ICCP, Salinitas, Stainless Steel 304.

Abstract

Reinforced concrete is a material consist of concrete and reinforce steel which is applied as a building and bridge structure. Based on its usefulness, reinforced concrete lies in a highly corrosive medium that is in seawater. Corrosion is reduction of the quality or destruction of a metal reacts with its environment. The process of corrosion in reinforced concrete in the seawater environment can be caused by pH, temperature, and salinity. Salinity of sea water ranges from 32 - 37 ‰. This

research was conducted to determine the effect of salinity of seawater to potential value of anode protection on reinforced concrete by ICCP method. The study was divided into three environmental conditions with 32 ‰, 34 ‰, and 36 ‰ NaCl, stainless steel 304 as anode, and used a reference electrode Cu / CuSO₄ with protection potential standard of -350 mV (ASTM C 876-91) for measuring the potential value of its protection. From the measurement results it is known that concrete in the environment of 36 ‰ NaCl has a relatively larger current requirement to be able to protect compared to reinforced concrete in the environment of 32 ‰ NaCl and 34 ‰ NaCl. Thus the potential value of protection by anode in the environment of 36 ‰ NaCl is higher than 32 ‰ NaCl and 34 ‰ NaCl. Corrosion rate of 32 ‰ NaCl are 5.2 mpy, corrosion rate of 34 ‰ NaCl are 6.8 mpy, and corrosion rate of 36 ‰ NaCl are 17.9 mpy. Based on weight loss test and mpy comparison table with equivalent metric-rate corrosion (NACE International, 2002) the corrosion rate at the three salinity conditions included good level with range between 5-20 mpy.

Keywords: Corrosion Rate, Reinforced Concrete, ICCP, Salinity, Stainless Steel 304.

Pendahuluan

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam dalam air laut. Dimana sebanyak 89 % terdiri dari garam klorida, sedangkan sisanya 11 % terdiri dari unsur-unsur lainnya.. Salinitas adalah jumlah total material terlarut (yang dinyatakan dalam gram) yang terkandung dalam 1 kg air laut. Faktor – faktor yang mempengaruhi salinitas adalah penguapan, curah hujan, dan banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, makin banyak sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitas laut tersebut akan rendah, dan sebaliknya makin sedikit sungai yang bermuara ke laut tersebut maka salinitasnya akan tinggi. Salinitas merupakan salah satu faktor terbesar penyebab korosi di air laut. Adanya ion klorida dalam air laut yang bersifat agresif akan membentuk senyawa asam dan bereaksi dengan selaput pasif pada beton yang bersifat basa, sehingga selaput pasif akan rusak dan baja tulangan akan terkorosi. Korosi akibat penetrasi ion klorida umumnya terjadi secara setempat (*pitting corrosion*).

Korosi merupakan penurunan mutu atau perusakan suatu logam karena bereaksi dengan lingkungannya. Reaksi ini menghasilkan oksida logam, sulfida logam atau hasil reaksi lainnya. Proses terjadinya korosi pada beton bertulang di lingkungan air laut bisa disebabkan oleh pH, temperatur, dan salinitas atau kadar

garam di air laut. Korosi pada beton bertulang juga bisa disebabkan karena proses perancangan dan komposisi bahan paduan beton yang buruk sehingga membuat karakteristik atau sifat beton tidak sesuai dengan standar persyaratannya. Korosi dapat dikendalikan dengan cara proteksi katodik, *coating*, proteksi anodik, serta pemilihan dan design material.

Pengendalian korosi terhadap beton bertulang biasanya dilakukan dengan proteksi katodik. Proteksi katodik adalah metode pencegahan terjadinya korosi dengan melibatkan arus yang mengalir dari kutub positif ke kutub negatif (teori listrik konvensional) dan menyediakan elektron untuk struktur logam yang akan dilindungi. Prinsip dari proteksi katodik adalah dengan menghubungkan anoda dengan struktur yang akan diproteksi dan dengan melewatkan arus listrik dan membuat seluruh area struktur yang terproteksi akan menjadi katodik dan tidak terkorosi (*Impressed Current Cathodic Protection*).

Anoda memiliki peranan penting pada sistem ICCP, syarat anoda yang digunakan dalam ICCP adalah tidak mudah rusak selama pengoperasian ICCP dan desain anoda dapat menghasilkan distribusi arus yang sama atau merata pada baja. Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *Stainless Steel* adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% kromium untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi (Fe). Berdasarkan penelitian sebelumnya, *Stainless steel 304* yang berbentuk *mesh* mampu memberikan arus lebih merata ke seluruh permukaan beton, selain itu harganya pun lebih terjangkau.

Hasil proteksi anoda terhadap struktur atau beton bertulang bisa dihitung dengan melakukan pengukuran laju korosi dan besar nilai potensial proteksi terhadap lingkungan maupun dengan observasi visual yang terjadi pada beton bertulang selama proses penelitian.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan tiga jenis variabel yaitu beton bertulang diletakkan pada kondisi lingkungan dengan konsentrasi klorida 32 ‰, 34 ‰, dan 36 ‰. Dalam satu kondisi lingkungan klorida dilakukan penelitian dengan

pemasangan sistem ICCP dan tanpa sistem ICCP. Hasil dari penelitian menunjukkan potensial proteksi anoda terhadap baja tulangan dengan melakukan pengukuran menggunakan referensi elektroda Cu/CuSO₄. Pengukuran potensial spesimen dilakukan dengan menggunakan *half-cell potential* dengan referensi elektroda Cu/CuSO₄ untuk mengetahui kecenderungan terjadinya korosi pada baja tulangan. Metode pengukurannya mengikuti standar ASTM C 876 (*half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete*). Observasi visual terhadap spesimen dan pengukuran laju korosi dengan metode *weight loss* digunakan untuk mendukung data hasil pengukuran potensial proteksi anoda. Berikut tabel yang menjelaskan standar nilai proteksi dan kodefikasi penelitian untuk memudahkan dalam pengambilan data.

Tabel 1. Standart nilai potensial proteksi

E (Cu/CuSO₄)	Kemungkinan terjadi korosi
>-0,20 V	90% kemungkinan tidak terjadi korosi
-0,35 to -0,20 V	Tidak tentu terjadi korosi aktif
<-0,35 V	90% kemungkinan terjadi korosi aktif

Tabel 2. Kodefikasi spesimen

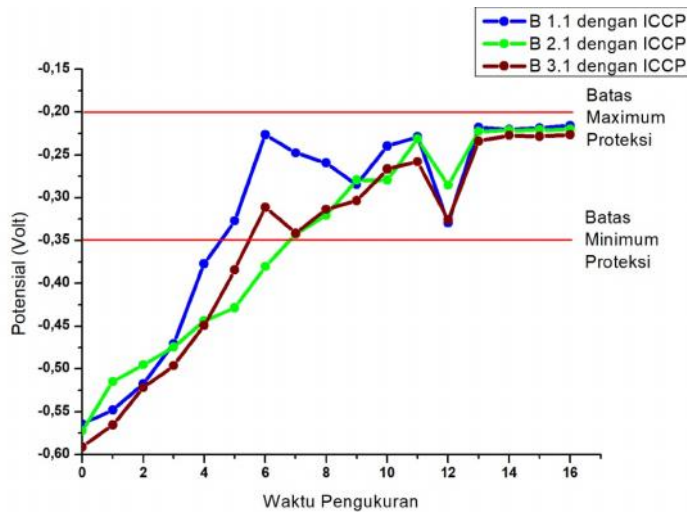
Kodefikasi	Keterangan
B1.1	Spesimen yang dikondisikan dengan instalasi ICCP pada konsentrasi klorida 32 ^{0/00} .
B1.2	Spesimen yang dikondisikan tanpa instalasi ICCP pada konsentrasi klorida 32 ^{0/00} .
B2.1	Spesimen yang dikondisikan dengan instalasi ICCP pada konsentrasi klorida 34 ^{0/00} .
B2.2	Spesimen yang dikondisikan tanpa instalasi ICCP pada konsentrasi klorida 34 ^{0/00} .
B3.1	Spesimen yang dikondisikan dengan instalasi ICCP pada konsentrasi klorida 36 ^{0/00} .
B3.2	Spesimen yang dikondisikan tanpa instalasi ICCP pada konsentrasi klorida 36 ^{0/00} .

Hasil

Menghitung Nilai Potensial Proteksi pada Beton Bertulang

Grafik dibawah ini merupakan hasil pengukuran nilai potensial proteksi dari beton bertulang dengan sistem ICCP dan menggunakan anoda stainless steel 304 yang diukur dengan menggunakan *half-cell potential* dengan referensi elektroda Cu/CuSO₄. Nilai potensial tersebut didapatkan setelah arus di alirkan pada

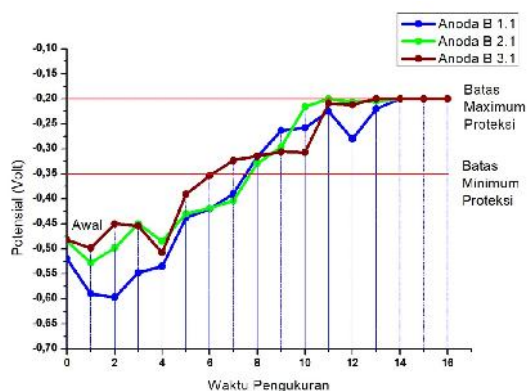
instalasi. Pada salinitas 32 ‰ dan 34 ‰ NaCl dapat terproteksi dengan arus 10 mA, sedangkan untuk salinitas 36 ‰ NaCl bisa terproteksi dengan arus 12 mA. Besarnya arus diperoleh dari proses perhitungan awal dengan mengukur dan mempertimbangkan semua perangkat instalasi yang dipakai baik tahanan kabel, safety factor dan sebagainya.



Gambar 1. Grafik Nilai Potensial Proteksi Pada Beton Bertulang Dengan Sistem ICCP

Pembahasan

Menghitung Potensial Anoda



Gambar 2. Grafik Nilai Potensial Proteksi Untuk Anoda SS 304

Dari hasil grafik perhitungan potensial anoda tersebut menjelaskan bahwa anoda SS 304 cukup efektif untuk memproteksi beton bertulang dengan kondisi salinitas yang berbeda dengan kenaikan arus yang tidak begitu besar. Hal ini sesuai

dengan grafik sebelumnya yang menjelaskan bahwa arus desain yang diberikan sebesar 10 mA pada sistem ICCP ternyata cukup untuk membuat beton bertulang pada salinitas 32 ‰ NaCl dan 34 ‰ NaCl mencapai standar potensial proteksi untuk referensi elektroda Cu/CuSO₄-350 mV sampai dengan -200mV, sedangkan untuk beton bertulang pada salinitas 36 ‰ NaCl dengan arus sebesar 10 mA yang diberikan belum dapat mencukupi standar potensial proteksi referensi elektroda Cu/CuSO₄ sebesar -350 mV sehingga harus dinaikkan dan kondisi anoda masih terproteksi .

Dari hasil interpretasi data dan grafik tersebut maka semakin tinggi konsentrasi larutan NaCl resistansi korosi menurun, berarti laju korosi tulangan beton meningkat. Semakin tinggi konsentrasi ion klorida berarti semakin tinggi daya dorong (*driving force*) difusi ion klorida menuju permukaan besi. Proses difusi Cl⁻ ini harus ditandingi oleh arus katodik agar korosi dapat dicegah. Namun untuk konsentrasi ion klorida yang tinggi proteksi tidak efektif. Pada konsentrasi tinggi diperlukan arus proteksi yang lebih tinggi.

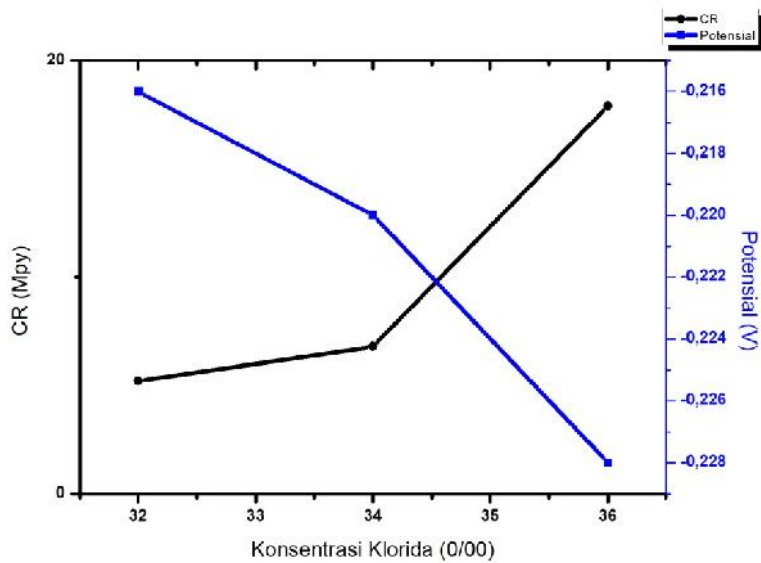
Menghitung Laju Korosi Anoda

Untuk menghitung keefektifitasan anoda mesh SS 304, dihitung menggunakan uji weight loss yaitu suatu pengujian korosi dengan memperhitungkan berat yang hilang dari spesimen uji setelah ditaruh dalam suatu media dalam jangka waktu tertentu. Waktu pengujian yang dilakukan selama 30 hari dan menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Laju korosi anoda

Jenis Anoda	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	CR (mpy)
B 1.1	153,042	164,91	11,868	5,2
B 2.1	153,042	168,636	15,594	6,8
B 3.1	153,042	193,89	40,848	17,9

Berdasarkan pengujian weight loss menunjukkan bahwa pada salinitas 32 ‰ laju korosi anoda 5,2 mpy, pada salinitas 34 ‰ laju korosi anoda 6,8 mpy, dan pada salinitas 36 ‰ laju korosi anoda 17,9 mpy.



Gambar 3. Grafik Nilai Laju Korosi Vs Potensial Proteksianoda SS 304

Dari grafik potensial proteksi anoda, pada salinitas 32^{0/00} nilai potensial proteksinya mencapai -0,216 V, pada salinitas 34^{0/00} nilai potensial proteksinya -0,22 V dan pada salinitas 36^{0/00} nilai potensial proteksinya -0,228 V. Berdasarkan uraian data dan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa SS 304 efektif untuk digunakan sebagai anoda untuk sistem proteksi ICCP karena laju korosinya berdasarkan tabel perbandingan mpy dengan *equivalent metric - rate corrosion* (NACE International, 2002) termasuk level baik yaitu dengan range antara 5-20 mpy dan potensial proteksi anoda masih dalam kemungkinan tidak terjadi korosi aktif yaitu berada pada range -0,35 sampai dengan 0,2 V.

Simpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Anoda Stainless Steel 304 Mesh dapat digunakan secara efektif untuk instalasi ICCP pada Beton Bertulang.
2. Pada kondisilingkungan 32^{0/00} NaCl level proteksi antara -320 mV sampai -226 mV, pada kondisilingkungan 34^{0/00} NaCl nilai potensial mencapai level -342 mV, pada kondisilingkungan 36^{0/00} NaCl mencapai level -258 mV standar potensial proteksi referensi elektroda Cu/CuSO₄.

3. Laju Korosi yang terjadi pada kondisi salinitas 3,2% adalah 5,2 mpy, pada salinitas 3,4% adalah 6,8 mpy, dan pada salinitas 3,6% laju korosi anoda 17,9 mpy.
4. Laju korosi yang terjadi pada salinitas 3,2% sampai 3,6% termasuk level baik yaitu dengan range antara 5-20 mpy berdasarkan (*NACE International, 2002*).

Referensi

- Dani Pradipta. *Korosi dan Pengendaliannya*. (2010).
- F. Steven. *Understanding Corrosion and Cathodic Protection of Reinforced Concrete Structures Page 1-2*. Corrpro Companies Inc.
- Fontana. *Corrosion Engineering 2nd Edition*. (1978). New York : Mc Graw-Hill BookCompany.
- <http://industri.bisnis.com/read/20160527/45/552103/ciptakan-beton-khusus-airscg-indonesia-incar-proyek-tanggul-raksasa>.
- James B. *Impressed Current Cathodic Protection System Design*. Bushman & Associates Inc.
- J.H. Morgan. *Cathodic Protection National Association of Corrosion Engineers (NACE) 2nd Edition*. 1987.
- John Broomfield P. *Corrosion of Steel in Concrete Understanding, Investigation and Repair 2nd Edition*. NACE Standard – RP 0169-2002
- Pierre, R. *Handbook of Corrosion Engineering*. (2000). USA: Mc.Graw-Hill Companies Inc.
- Rod Callon, *Selection Guidelines for Using Cathodic Protection System on Reinforced and Prestressed Concrete Structures*. Corrpro Companies Inc.
- Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete Annual Book of ASTM Standards. Designation: C876-90.
- Sudjono. *Korosi pada Baja Tulangan Vol 2 No 3*. 2005.
- Suparjo. *The Effect of Concrete Strength Located on Chloride Zone on Potential Cathodic Protection Demand*. 2011.
- Sverdrup, K.A., Duxbury, C.B., Duxbury, Alison. A.B. *Salinity of Sea Water*. 2003.