

## **Pengaruh Perlakuan Baja Tulangan Terhadap Korosi Struktur Beton Bertulang**

**Safuadi<sup>a</sup>, A.K. Ariffin<sup>a</sup>, A.R. Daud<sup>b</sup>, M. Ridha<sup>c</sup>, A. Halim<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Department of Mechanical and Materials Engineering

<sup>b</sup> School of Applied Physics

National University of Malaysia

<sup>c</sup> Jurusan Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala,  
Darussalam, Banda Aceh (23111)

### **ABSTRAK**

*Kekuatan infrastruktur bangunan dipengaruhi oleh kondisi baja tulangan. Korosi yang terjadi pada tulangan baja sering menjadi penyebab kegagalan pada berbagai infrastruktur. Kertas kerja ini mempresentasikan penelitian pengaruh perlakuan baja tulangan terhadap korosi struktur beton bertulang. Kegiatan eksperimen dilakukan terhadap balok beton bertulang dengan tiga perlakuan masing-masing tulangan yang dikorosikan, tulangan yang dibiarkan terbuka dan tulangan yang dilapisi cat. Ketiga kondisi tulangan direndam dalam larutan elektrolit NaCl 3,5% secara basah kering. Pengukuran polarisasi dilaksanakan seminggu sekali untuk melihat pengaruh perlakuan tulangan dan waktu perendaman. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perlakuan terhadap tulangan baja dalam beton bertulang memberikan pengaruh terhadap nilai kurva polarisasi.*

*Kata kunci; korosi, kurva polarisasi, beton bertulang*

### **PENDAHULUAN**

Korosi merupakan faktor penyebab utama kegagalan dini dari banyak peralatan dan infrastruktur akibat berada dalam lingkungan operasi yang korosif. Korosi dapat mengakibatkan kerugian baik secara langsung maupun tidak langsung. Korosi besi yang terjadi di dalam beton dapat menyebabkan ambruknya suatu infrastruktur, seperti jembatan, jalan layang, dermaga, bangunan lepas pantai, secara tiba-tiba akibat melemahnya ikatan antara semen dan besi. Baja di dalam beton berfungsi sebagai penguat struktur. Tulangan baja dalam beton dapat rusak dan mengalami pelemahan akibat terjadinya proses korosi. Korosi pada tulangan baja dalam beton dapat terjadi akibat pengaruh lingkungan yang dapat meresap ke dalam beton dan berinteraksi dengan tulangan baja.

Baja di dalam beton mempunyai lapisan pasif yang dapat berfungsi melapisi beton terhadap interaksi lingkungan korosif. Korosi tulangan baja dalam beton akan segera terjadi jika lapisan pasif rusak dan permukaan tulangan baja terekspos ke dalam lingkungan elektrolit. Dua faktor yang signifikan yang dapat merusak lapisan pasif pada permukaan tulangan baja adalah penetrasi ion klorida dan proses karbonasi oleh karbon dioksida yang menyebabkan menurunnya pH lingkungan yang berakibat rusaknya lapisan pasif. Hal ini dapat terjadi karena beton adalah struktur berpori, karbon dioksida dan klor dapat meresap dan menembus lapisan pasif tersebut.

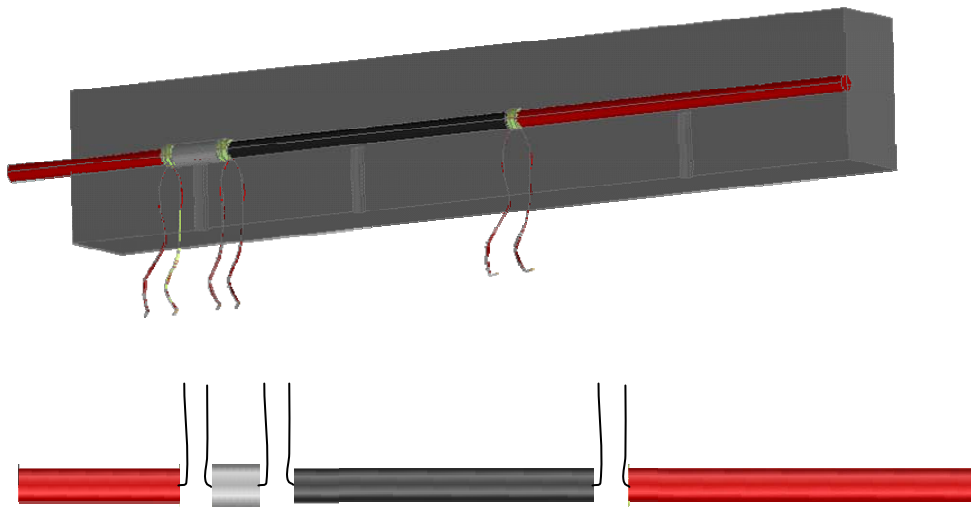
Korosi adalah fenomena alam yang tidak dapat dicegah, namun dapat dikendalikan. Oleh karena itu korosi perlu dipantau dan dievaluasi. Pemantauan korosi dapat dilakukan dengan berbagai cara. antara lain dengan mengukur laju korosi. Prinsip pengukuran laju korosi berdasarkan pada fenomena elektrokimia yaitu polarisasi. Polarisasi adalah pergeseran kesetimbangan reaksi elektrokimia melalui pengubahan suatu potensial elektroda dengan mengalirkan sejumlah arus listrik ke elektroda lainnya. Pengukuran laju korosi dilakukan dengan mengukur arus yang dibutuhkan untuk mengubah potensial listrik beberapa milivolt. Karena metoda polarisasi cukup cepat, semi kontinyu dan tak merusak, maka metoda ini telah berkembang menjadi *corrosion monitoring probes* yang banyak digunakan dalam pemantauan korosi.

Penelitian ini berbasis eksperimen sebagai bahagian penelitian analisa masalah korosi menggunakan kaedah komputasi menggunakan Metoda Elemen Batas 3 Dimensi dan Algoritma

Genetik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh kondisi permukaan baja tulangan terhadap laju korosi dalam beton bertulang yang direndam dalam larutan NaCl 3,5%. Laju korosi direpresentasikan dalam bentuk kurva polarisasi. Data polarisasi dalam penelitian ini sangat diperlukan untuk analisa berbagai kasus korosi dalam beton bertulang menggunakan metode komputasi seperti Metode Elemen Batas (BEM).

## EKSPERIMEN

Pengujian dilakukan terhadap spesimen beton bertulang dengan dimensi 50x10x10 cm. Batangan baja dengan ukuran 10 mm berada 4,5 cm dari permukaan beton. Spesimen dibagi menjadi tiga, batang baja yang dilapisi cat (*coating*) berada pada bagian ujung batangan, batangan baja yang telah dikorosikan berada pada jarak 8-11 cm dari ujung beton sebelah kiri sementara batangan baja yang tidak dilapisi berada 11-29 cm dari ujung sebelah kiri beton sebagaimana tampak pada gambar 1.



Gambar 1. Bentuk spesimen

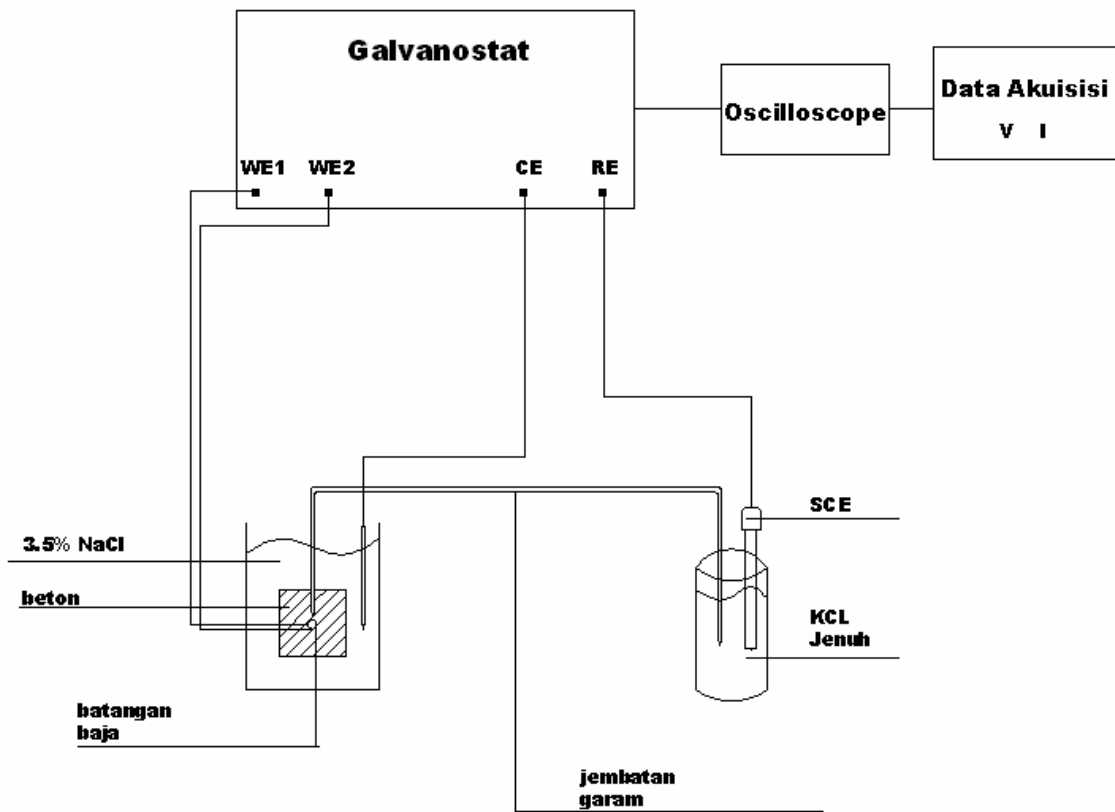
### Perlakuan Spesimen

Pada tahap awal pengujian, batangan baja di perlakuan dalam 3 (tiga) perlakuan. Perlakuan batangan baja dilakukan dalam beberapa tahapan.

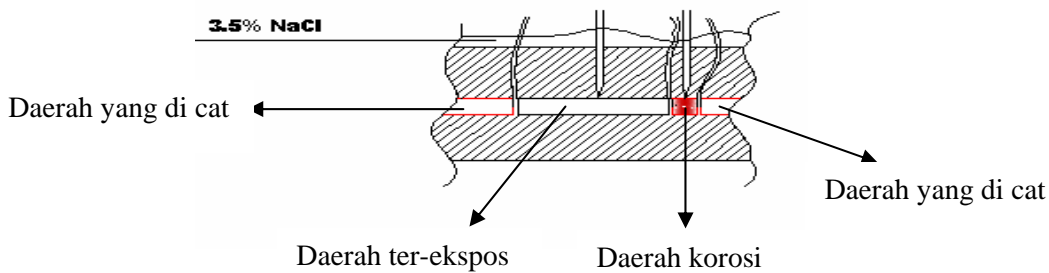
1. Pembuatan daerah korosi pada batangan baja; Sebuah cetakan beton dibuat untuk membentuk daerah korsi pada batangan baja, batangan baja yang tidak dikorosikan dilapisi cat. Setelah usia beton 7 hari, batangan baja tersebut direndam dalam air bersih selama 28 hari. Selanjutnya batangan baja direndam dalam larutan NaCl 3,5% dengan kondisi basah kering setiap 24 jam selama 45 hari.
2. Pemisahan daerah korosi, daerah terekspos dan daerah yang dilapisi; batangan baja yang pada saat pembuatan daerah korosi dilapisi cat dilakukan pengelupasan cat sepanjang 18 cm untuk dijadikan daerah yang ter-ekspos, sisa batangan baja yang masih terlapisi cat dijadikan daerah yang dilapisi cat (*coating area*). batangan baja kemudian dipotong menjadi 3 (tiga) bagian, masing-masing batangan baja pada daerah yang dikorosikan, batangan baja untuk daerah yang tidak dilapisi cat dan batangan baja yang masih dilapisi cat. Ketiga bahagian batangan baja dipisahkan satu dan lainnya dengan silikon dan dapat saling terhubung dengan kabel.
3. Pembuatan beton bertulang; Ketiga bahagian batangan baja yang telah disatukan secara tidak tersambung oleh silikon selanjutnya dicor dalam cetakan berukuran 10x10x50 cm menjadi sebuah beton bertulang. Pada ketiga bahagian batangan baja tersebut dibuatkan lubang pada arah normal batangan baja agar pengukuran polarisasi dapat dilakukan sedekat mungkin dengan permukaan batangan baja.

### Pengukuran Polarisasi

Pengukuran polarisasi diawali setelah spesimen beton bertulang direndam selama 28 hari dalam air bersih. Pengukuran tahap pertama ini diperlukan untuk mengamati kondisi awal permukaan tulangan baja. Perlakuan selanjutnya adalah perendaman spesimen dalam larutan NaCl 3,5% selama 7 hari dengan perlakuan perendaman dalam larutan NaCl selama 24 jam dan dikeringkan dalam suhu kamar selama 24 jam (perlakuan basah kering). Proses perendaman dalam larutan NaCl yang merupakan larutan yang bersifat korosif dimaksudkan agar proses korosi dapat segera berlangsung. Pada saat perendaman, seluruh bagian batang baja dihubungkan dengan kabel. Hal ini dimaksudkan agar batang baja dalam keadaan terhubung satu sama lain dan dianggap bahwa proses korosi berlangsung seragam pada seluruh batang yang berhubungan langsung dengan lingkungan elektrolit. Pada saat pengukuran, bahagian yang akan diukur, dipisahkan dari bahagian lainnya. Hal ini dimaksudkan agar bagian batang baja yang diukur tidak dipengaruhi oleh batang baja lainnya. Skema pengukuran yang dilakukan ditunjukkan dalam gambar 2.



Gambar 2. Skema pengukuran polarisasi

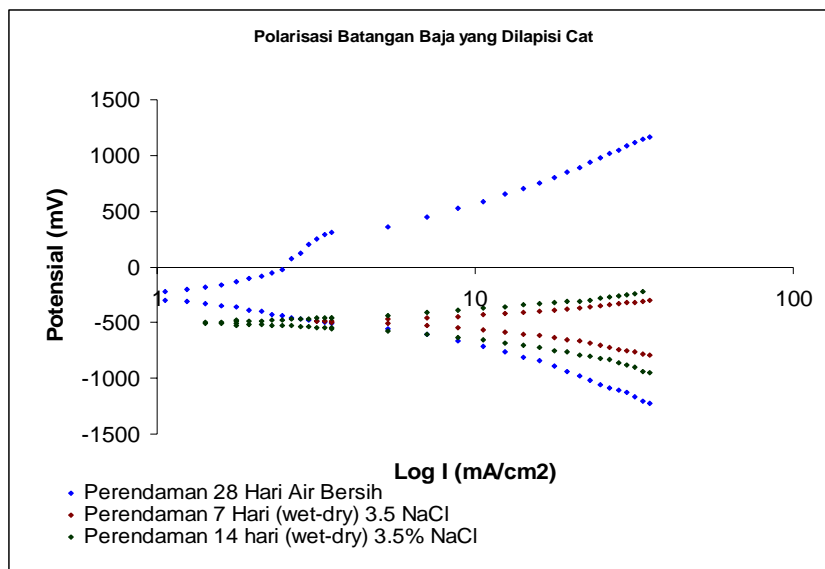


Gambar 2. Pengukuran batangan baja yang dikorosikan

## ANALISA PERLAKUAN BATANGAN BAJA

Dalam penelitian ini, pengukuran polarisasi tulangan baja dilakukan terhadap masing-masing perlakuan dengan variasi waktu perendaman yang berbeda diawali dengan perendaman dalam air bersih selama 28 hari, perendaman basah kering selama 7 dan 14 hari dalam larutan NaCl 3,5% Perlakuan ini dilakukan untuk menganalisa laju korosi pada masing-masing perlakuan.

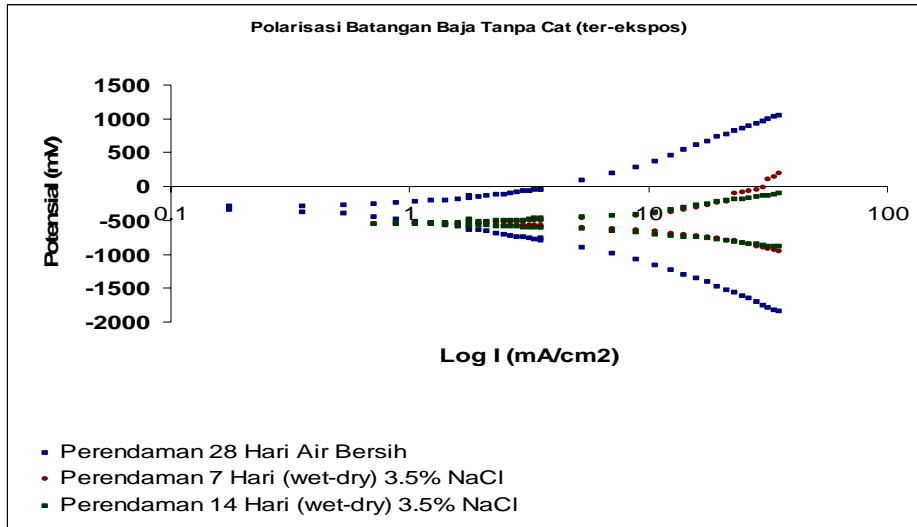
- 1) Untuk pengukuran polarisasi batangan baja pada daerah yang dilapisi cat; suplay arus diberikan mulai dari 0,0005 mA sampai dengan 1 A.. *Rest potential* untuk perlakuan perendaman 28 hari dalam air bersih adalah -324,6 mV pada polarisasi katoda dan -332,3 mV pada polarisasi anoda, untuk perlakuan perendaman basah kering selama 7 hari dalam larutan NaCl -388,2 mV pada polarisasi katoda dan -482,6 mV pada polarisasi anoda dan untuk perlakuan perendaman basah kering 14 hari dalam larutan NaCl -496,2 mV pada polarisasi katoda dan -518,6 mV pada polarisasi anoda. Grafik peningkatan nilai potensial dan kerapatan arus ditunjukkan pada gambar 4.



**Gambar 4.** Kurva Polarisis batangan baja pada daerah yang dilapisi cat setelah diperlakukan perendaman air bersih 28 hari, perendaman basah kering selama 7 hari dan 14 hari dalam larutan NaCl 3.5%

Pengukuran polarisasi permukaan batangan baja yang dilapisi cat merupakan pengukuran tahap pertama yang diperlukan untuk mengamati kondisi permukaan tulangan baja yang dilapisi cat, hal ini dilakukan untuk menganalisa kesempurnaan lapisan cat yang digunakan. Jika lapisan cat yang digunakan cukup baik (coating sempurna) maka pada pengukuran-pengukuran selanjutnya tidak diperoleh perubahan laju korosi. Sebaliknya bila hasil pengukuran menunjukkan adanya perubahan laju korosi, maka dapat dipastikan adanya ketidaksempurnaan lapisan cat pada batangan baja,

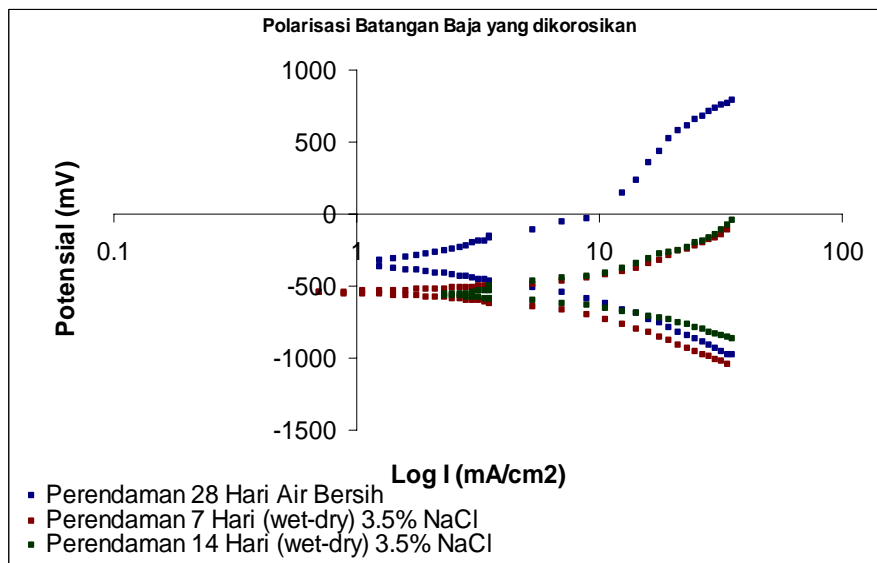
- 2) Untuk pengukuran polarisasi batangan baja pada daerah tanpa cat (ter-ekspos); suplay arus diberikan mulai dari 0,0005 mA sampai dengan 1 A.. *Rest potential* untuk perlakuan perendaman 28 hari dalam air bersih adalah -242,8 mV pada polarisasi katoda dan -315,3 mV pada polarisasi anoda, untuk perlakuan perendaman basah kering selama 7 hari dalam larutan NaCl -488,7 mV pada polarisasi katoda dan -536,4 mV pada polarisasi anoda dan untuk perlakuan perendaman basah kering 14 hari dalam larutan NaCl -542,2 mV pada polarisasi katoda dan -556,6 mV pada polarisasi anoda. Kurva polarisasi batangan baja pada daerah tanpa cat ditunjukkan pada gambar 5.



**Gambar 5.** Kurva Polarisis batangan baja pada daerah yang diekspos setelah diperlakukan perendaman air bersih 28 hari, perendaman basah kering selama 7 hari dan 14 hari dalam larutan NaCl 3.5%

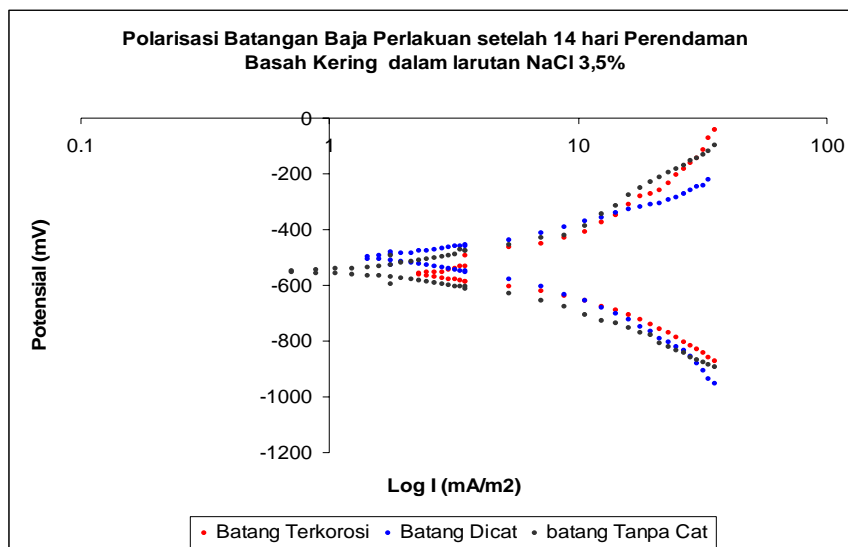
Hasil pengukuran polarisis menunjukkan bahwa, peningkatan nilai potensial dan kerapatan arus secara signifikan terjadi setelah dilakukan perendaman 7 hari dalam larutan NaCl 3,5%. Hal ini menunjukkan bahwa laju korosi pada batangan baja tanpa cat telah terjadi peningkatan. Sebaliknya pada pengukuran polarisis hari ke 14 belum terlihat perubahan yang besar dibandingkan pengukuran hari ke 7.

- 3) Untuk pengukuran polarisis batangan baja pada daerah yang dikorosikan; suplay arus diberikan mulai dari 0,0005 mA sampai dengan 1 A.. *Rest potential* untuk perlakuan perendaman 28 hari dalam air bersih adalah -248,8 mV pada polarisis katoda dan -390,6 mV pada polarisis anoda, untuk perlakuan perendaman basah kering selama 7 hari dalam larutan NaCl -529,7 mV pada polarisis katoda dan -552,6 mV pada polarisis anoda dan untuk perlakuan perendaman basah kering 14 hari dalam larutan NaCl -559,4 mV pada polarisis katoda dan -563,1 mV pada polarisis anoda. Kurva polarisis batangan baja pada daerah yang dikorosikan ditunjukkan pada gambar 6.



**Gambar 4.** Kurva Polarisis batangan baja pada daerah yang dikorosikan setelah diperlakukan perendaman air bersih 28 hari, perendaman basah kering selama 7 hari dan 14 hari dalam larutan NaCl 3.5%

Hasil pengukuran polarisasi batangan baja pada daerah yang dikorosikan menunjukkan bahwa setelah direndam selama 7 hari dalam NaCl 3,5%, peningkatan nilai potensial dan kerapatan arus cukup besar dibanding perlakuan perendaman 28 hari dalam air bersih. Bila dibandingkan dengan batangan baja tanpa cat, maka batangan baja yang dikorosikan mengalami perubahan yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa laju korosi pada batangan baja yang dikorosikan mengalami laju korosi yang lebih tinggi. Sementara itu, pada pengukuran polarisasi hari ke 14, perubahan yang terjadi tidak cukup signifikan bila dibanding dengan pengukuran hari ke 7.



**Gambar 7.** Kurva Polarisasi batangan baja perlakuan setelah 14 hari perendaman basah ering dalam larutan NaCl 3,5%

Gambar 7 menunjukkan perbandingan kurva polarisasi batangan baja untuk ketiga perlakuan setelah diperlakukan basah kering selama 14 hari dalam larutan NaCl. Secara berturut-turut daerah yang mempunyai nilai kerapatan arus dan potensial paling tinggi adalah daerah yang dikorosikan, daerah ter-ekspos dan daerah yang dilapisi cat. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat korosi paling tinggi ada pada daerah yang dikorosikan.

## KESIMPULAN

Tulangan baja dalam beton dapat rusak dan mengalami pelemahan akibat terjadinya proses korosi. Korosi pada tulangan baja dalam beton dapat terjadi akibat penetrasi ion klorida yang menyebabkan menurunnya pH lingkungan yang berakibat rusaknya lapisan pasif. Eksperimen pengukuran polarisasi batangan baja dalam beton bertulang dilakukan untuk menganalisa efek perlakuan baja tulangan terhadap korosi dalam beton bertulang dalam larutan NaCl 3,5%. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa batangan baja yang dikorosikan lebih reaktif dibandingkan dengan daerah yang ter-ekspos maupun daerah yang dilapisi cat. Dari hasil eksperimen yang dilakukan, pola perubahan kurva polarisasi belum berubah secara signifikan, hal ini dapat terlihat pada pengukuran hari ke 7 dan hari ke 14 setelah spesimen direndam dalam larutan korosif. Kondisi ini mungkin disebabkan karena rentang waktu pengukuran setiap 7 hari untuk setiap kali pengukuran terlalu singkat, sehingga rentang waktu pengukuran perlu diperpanjang dan untuk memperoleh pola perubahan kurva polarisasi pada masing-masing perlakuan perlu dilakukan pengukuran untuk jangka waktu yang lebih lama.

## REFERENSI

- M. Ohtsu, T. Yamamoto**, 1997. *Compensation procedure for half-cell potential measurement*. Construction and Building Materials Vol. 11, NOS 7-8, pp. 395-402.
- Morris, W., Vico, A & Vasquez, M.** 2004. *Chloride Induced Corrosion of Reinforcement Steel Evaluated by Concrete Resistivity Measurement*. Electrochimica Acta. 49, 4447-4453.
- Ridha M., Amaya K. & Aoki S.** 2001. *A Multistep Genetic Algorithm for Detecting Corrosion of Reinforcing Steels in Concrete*, Corrosion, 57(9): 794-781.
- Ridha. M.**, 2002, *Inverse Analysis Methods for Identifying Corrosion of Reinforced Concrete Using Boundary Element Method*, Tokyo Institute of Technology Japan.
- Wheat, H.G. & Eliezer, Z.** *Some Electrochemical Aspects of Corrosion of Steel in Concrete*. Corrosion. 41:11 p.640, 1985
- Veerachai, L., Je-Won, K, Masayasu, O & Masary, Y.** 2004. *Analysis of Half-cell Potential Measurement for Corrosion of Reinforcement Concrete*. Construction and Building Materials 18, 155-162.