

## POLARISASI POTENSIODINAMIK BAJA BETON DI DALAM LARUTAN SIMULASI YANG TERKONTAMINASI AIR LAUT DAN KARBONAT

Arini Nikitasari<sup>1</sup>, Bobby Fadillah<sup>2</sup>, Soesaptri Oediyani<sup>2</sup> dan Efendi Mabruri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pusat Penelitian Metalurgi dan Material - LIPI

Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang Selatan

<sup>2</sup> Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jendral Soedirman Km.3, Cilegon

E-mail: [arini\\_nikitasari@yahoo.com](mailto:arini_nikitasari@yahoo.com)

Diterima: 20 April 2016

Diperbaiki: 2 Juni 2016

Disetujui: 18 Juli 2016

### ABSTRAK

**POLARISASI POTENSIODINAMIK BAJA BETON DI DALAM LARUTAN SIMULASI YANG TERKONTAMINASI AIR LAUT DAN KARBONAT.** Korosi merupakan masalah utama pada beton bertulang di wilayah pesisir. Tujuan dari penelitian ini ada dua, pertama untuk mengetahui perilaku korosi baja beton di lingkungan yang terkontaminasi air laut dan karbonat, kedua membandingkannya dengan baja beton dalam larutan yang terkontaminasi klorida. Terdapat berbagai variasi larutan simulasi beton dalam penelitian ini yaitu Larutan Simulasi Beton (LSB), LSB yang dicampur air laut, LSB yang dicampur air laut dan ion karbonat, LSB yang dicampur dengan sodium klorida. Dua jenis air laut yang digunakan dalam penelitian yaitu air laut yang diambil di pantai Ancol dan air laut yang diambil di pelabuhan Muara Baru. Polarisasi potensiodinamik semua sampel dilakukan menggunakan alat *Corrosion Monitoring System (CMS) Gamry Instruments*. Hasil polarisasi potensiodinamik menunjukkan bahwa kontaminasi air laut atau klorida di dalam larutan simulasi beton meningkatkan secara signifikan laju korosi baja beton. Laju korosi meningkat tajam dengan meningkatnya konsentrasi klorida di dalam larutan. Laju korosi di dalam larutan yang mengandung air laut meningkat dengan penambahan karbonat dan terus meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi karbonat. Korosifitas larutan yang mengandung air laut Muara Baru lebih tinggi dari pada korosifitas larutan yang mengandung air laut Ancol. Korosifitas air laut Ancol sedikit lebih rendah dari korosifitas larutan dengan kandungan NaCl 1,5%, sedangkan korosifitas air laut Muara Baru berada diantara korosifitas larutan yang mengandung NaCl 1,5% dan 3,5%.

**Kata kunci:** Korosi, Polarisasi Potensiodinamik, Larutan Simulasi, Air Laut, Karbonasi

### ABSTRACT

**POTENTIODYNAMIC POLARIZATION OF REINFORCED CONCRETE IN SIMULATED PORE SOLUTION CONTAMINATED WITH SEAWATER AND CARBONATE.** Corrosion is major problem for steel reinforced concrete in marine environment. There are two aims of this research, first is to estimate corrosion rates of rebar steels (concrete reinforcing steels) in simulated pore solution contaminated with seawater and carbonates, the second is to compare it with the ones in chloride contaminated solution. There were various type of simulated pore solution used in this experiment; simulated pore solution (LSB), LSB mixed with sea water, LSB mixed with sea water and carbonate ion, and LSB mixed with sodium chloride. Two types of sea water were used in this experiment; sea water taken from Ancol Beach (sea water A) and sea water taken from Muara Baru Port (sea water B). The potentiodynamic polarization of the samples were measured using *Corrosion Monitoring System (CMS)* of Gamry Instruments. Experimental results showed that contamination of sea water or chloride ion in simulated pore solution increased significantly the corrosion rate of the steels. The corrosion rates increased sharply with increasing chloride concentration in the solution. Incorporation of carbonates into the solution contaminated with sea water increased the corrosion rates. The corrosion rates continued to increase with increasing carbonates concentration. The corrosivity of sea water seemed to be higher than that of Muara Baru Port sea water. Finally, it was found that the corrosivity of the

solution containing sea water Ancol Beach is slightly lower than that of the solution containing 1,5% NaCl, while the corrosivity of the solution containing Muara Baru Port sea water is in between those of the solutions containing 1.5 % and 3.5% NaCl.

**Keywords:** Corrosion, Potentiodynamic Polarization, Simulated Pore Solution, Sea Water, Carbonation

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki wilayah laut seluas 5,9 juta km<sup>2</sup> berdasarkan Undang - Undang No. 17 Tahun 1985. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki wilayah pesisir yang luas. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi menyebabkan kebutuhan yang meningkat atas pembangunan infrastruktur di wilayah pesisir baik itu pelabuhan, *jetty*, dan jembatan [1-2].

Beton berpenguat baja (beton bertulang) merupakan material bangunan yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur di wilayah pesisir karena kekuatan dan biayanya yang relatif murah [3-5]. Pada umumnya, beton bertulang tahan terhadap korosi karena adanya lapisan pasif Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terbentuk akibat tingginya alkalinitas beton (pH 12.5-13.5). Lapisan pasif beton inilah yang mengurangi mobilitas ion baja dengan lingkungan sekitar beton sehingga laju korosi beton menjadi sangat kecil. Namun, lapisan pasif yang melindungi beton ini dapat mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan baja beton terkorosi. Korosi baja beton inilah yang menjadi masalah utama dalam kerusakan struktur bangunan yang terbuat dari beton bertulang [6-13].

Penyebab kerusakan lapisan pasif yang melindungi beton dari korosi adalah (i) karbonasi beton, yaitu masuknya gas asam (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, dll) dari atmosfer sehingga terjadi reaksi netralisasi Ca(OH)<sub>2</sub> dalam beton yang mengakibatkan pH beton mengalami penurunan dan (ii) depasivasi lokal baja beton akibat adanya ion klorida yang masuk ke dalam beton melebihi batas kritisnya, umumnya 0,4-1% berat semen pada beton [14].

Wilayah pesisir laut memiliki humiditas dan kandungan ion klorida yang tinggi sehingga menjadi lingkungan yang lebih agresif untuk menyebabkan korosi bagi beton bertulang dibandingkan di daerah daratan yang jauh dari laut. Korosi menyebabkan berkurangnya massa baja beton, pecahnya selimut beton, dan degradasi kekuatan beton [15-16]. Oleh karenanya, baja beton yang digunakan dalam pembangunan infrastruktur di wilayah pesisir harus didisain untuk dapat beradaptasi di lingkungan dan atmosfer laut sehingga berfungsi sesuai dengan kerja dan umur yang diharapkan.

Untuk kebutuhan disain struktur dibutuhkan data korosifitas baja beton di wilayah terkait. Pada penelitian ini dilakukan polarisasi potensiostatik menggunakan larutan beton simulasi yang dicampur dengan air laut yang berasal dari Ancol yang mewakili daerah pantai dan Muara Baru yang mewakili daerah pelabuhan untuk mendapatkan data korosifitas baja beton di wilayah

pesisir. Penggunaan dua air laut ini untuk mengetahui pengaruh perbedaan air laut pantai dan pelabuhan terhadap laju korosi baja beton. Penelitian yang dilakukan di laboratorium ini juga mensimulasikan kondisi atmosfer wilayah pesisir yang mengandung karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan menambahkan ion karbonat sehingga terjadi reaksi karbonasi. Selain itu, penambahan ion klorida yang bukan berasal dari air laut juga dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui tingkat korosifitas air laut wilayah pesisir tersebut sebanding dengan berapa persen ion klorida yang ditambahkan.

## METODE PERCOBAAN

### Preparasi Benda Uji

Baja beton SNI (Standar Nasional Indonesia) berulir dengan diameter 13 mm digunakan sebagai benda uji dalam penelitian ini. Komposisi kimia dari baja beton yang digunakan sebagai benda uji ditampilkan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi kimia baja tulangan beton.

Komposisi Kimia (% Berat)					
C	Si	Mn	P	S	Fe
0,37	0,23	0,54	0,03	0,04	Bal.

Baja beton dipotong dengan ukuran 1 cm, dihubungkan dengan kabel menggunakan solder listrik, dan di-*mounting* menggunakan resin hingga luas area yang terekspos hanya sebesar 1,23 cm<sup>2</sup>. Selanjutnya, baja beton yang telah di-*mounting*, dipoles menggunakan *abrasive paper* sampai ukuran P800. Benda uji tersebut kemudian direndam dalam larutan uji untuk dilakukan pengukuran parameter korosi menggunakan polarisasi potensiostatik.

### Preparasi Larutan Uji

Terdapat empat jenis larutan uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu (i) larutan simulasi beton (LSB) (ii) larutan simulasi beton yang dicampur air laut (iii) larutan simulasi beton yang dicampur air laut dan ion karbonat serta (iv) larutan simulasi beton yang dicampur sodium klorida.

Komposisi larutan simulasi beton yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan dalam Tabel 2. Pengukuran pH yang dilakukan menunjukkan bahwa

**Tabel 2.** Komposisi kimia larutan beton sintetis.

Senyawa	Mol/liter
NaOH	0,1
KOH	0,3
Ca(OH) <sub>2</sub>	0,03
CaSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	0,02

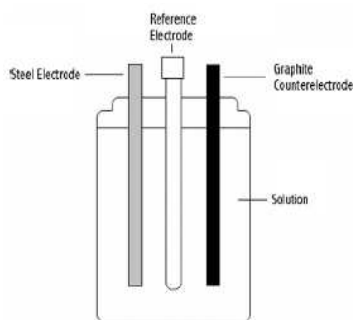
semua larutan pada Tabel 2 memiliki nilai pH 13. Air laut yang dicampurkan ke dalam larutan simulasi beton ada dua macam yaitu air laut yang diambil dari Ancol (air laut A) dan air laut yang diambil dari pelabuhan Muara Baru (air laut B). Penggunaan dua air laut ini untuk mengetahui pengaruh perbedaan air laut pantai dan pelabuhan terhadap laju korosi baja beton. Untuk larutan uji jenis (iii) setelah larutan simulasi beton dicampur dengan air laut, ditambahkan ion karbonat dengan tiga macam konsentrasi yang berbeda yaitu karbonat I terdiri dari 0,01 M NaHCO<sub>3</sub> dan 0,0015 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, karbonat II terdiri dari 0,03 M NaHCO<sub>3</sub> dan 0,0015 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan karbonat III terdiri dari 0,05 M NaHCO<sub>3</sub> dan 0,0015 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Larutan uji jenis (iv) merupakan campuran dari larutan simulasi beton dengan sodium klorida. Adapun konsentrasi sodium klorida yang ditambahkan ke dalam larutan beton simulasi adalah 1,5 %, 3,5 %, dan 5% berat. Total semua larutan uji yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 12.

### Polarisasi Potensiodinamik

Polarisasi potensiodinamik dilakukan untuk mendapatkan data korosifitas baja beton yang terdiri dari potensial korosi ( $E_{corr}$ ), rapat arus korosi ( $I_{corr}$ ), dan laju korosi ( $i_{corr}$ ). Metode polarisasi yang digunakan adalah Tafel pada range potensial -200mV sampai 200mV dari OCP (*open circuit potential*) dengan parameter *scan rate* 1,5 mV/s.

Polarisasi potensiodinamik pada penelitian ini menggunakan alat Gamry Instruments Seri G750. Terdapat tiga jenis elektroda yang digunakan dalam pengukuran ini seperti skema pada Gambar 1, yaitu *graphite counter electrode*, *reference electrode* menggunakan *Saturated Calomel Electrode (SCE)*, dan *steel electrode* yang merupakan benda uji yaitu baja beton.

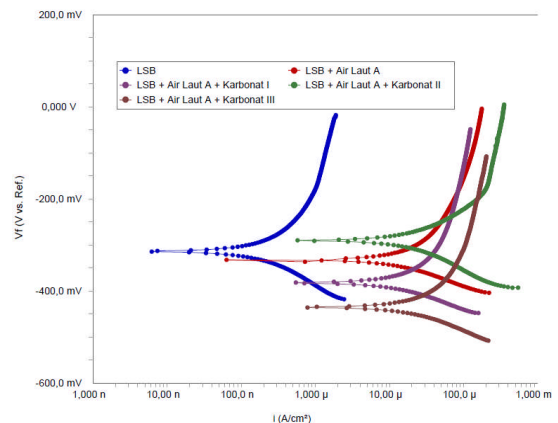


**Gambar 1.** Skema tiga elektroda [11].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

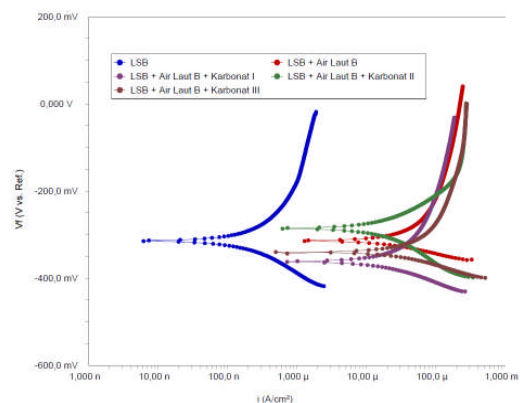
### Kurva Polarisisasi

Gambar 2 merupakan kurva polarisasi baja beton di dalam larutan simulasi beton yang terkontaminasi air laut Ancol (air laut A) dan karbonasi. Berdasarkan kurva polarisasi tersebut dapat dilihat dengan adanya kontaminasi air laut A dan karbonasi rapat arus korosi ( $I_{corr}$ ) bergeser ke arah kanan yang mengindikasikan bahwa rapat arus korosi larutan yang terkontaminasi air laut A dan karbonasi lebih besar dibandingkan rapat arus korosi baja beton dalam larutan simulasi beton yang tidak terkontaminasi apapun.

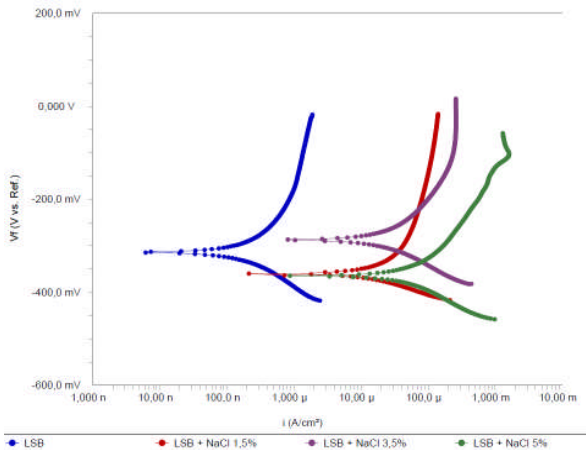


**Gambar 2.** Kurva polarisasi baja beton dalam larutan simulasi beton yang terkontaminasi air laut A (Ancol) dan karbonasi.

Kurva polarisasi baja beton dalam larutan simulasi beton yang terkontaminasi air laut Muara Baru (air laut B) dan karbonasi ditampilkan dalam Gambar 3. Pada Gambar 3 terlihat bahwa nilai rapat arus korosi baja beton dalam larutan yang terkontaminasi air laut B dan karbonasi juga bergeser ke arah kanan sebagaimana Gambar 2. Hal serupa juga ditunjukkan oleh kurva polarisasi baja beton dalam larutan simulasi beton yang terkontaminasi sodium klorida sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 4.



**Gambar 3.** Kurva polarisasi baja beton dalam larutan simulasi beton yang terkontaminasi air laut B (Muara Baru) dan karbonasi.



Gambar 4. Kurva polarisasi baja beton dalam larutan simulasi beton yang terkontaminasi sodium klorida.

Berdasarkan kurva polarisasi pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 4 dapat diketahui bahwa nilai rapat arus korosi baja beton dalam larutan simulasi beton yang terkontaminasi lebih tinggi dibanding nilai rapat arus korosi baja beton dalam larutan beton simulasi yang tidak terkontaminasi. Hal ini membuktikan bahwa baja beton dalam lingkungan yang terkontaminasi air laut dan karbonasi di lingkungan di wilayah pesisir cenderung lebih mudah terkorosi dibandingkan baja beton di wilayah yang tidak terkontaminasi air laut dan karbonasi.

Tabel 3 data hasil polarisasi potensiodinamik yang telah dilakukan dalam penelitian ini dan Tabel 4 menampilkan hubungan antara nilai rapat arus korosi ( $I_{corr}$ ) dengan tingkat korosifitas baja beton. Apabila disesuaikan antara data pada Tabel 3 dengan Tabel 4 dapat ditarik kesimpulan bahwa baja beton dalam larutan simulasi beton yang tidak terkontaminasi berada pada kondisi korosi rendah sedangkan yang terkontaminasi air laut dan karbonasi berada pada tingkat korosifitas tinggi.

### Potensial Korosi ( $E_{corr}$ )

Kecenderungan suatu logam bereaksi dengan lingkungannya ditunjukkan oleh nilai beda potensialnya.

Tabel 3. Data hasil polarisasi potensiodinamik.

Media	$E_{corr}$ (mV)	$I_{corr}$ ( $A/cm^2$ ) $\times 10^{-5}$	Laju Korosi/Corrosion Rate (mpy)
Larutan Simulasi Beton (LSB)	-314,6	0,02	0,08
Larutan Simulasi Beton (LSB) + Air Laut A	-332,5	1,00	4,59
Larutan Simulasi Beton (LSB) + Air Laut A + Karbonat I	-381,7	1,02	4,66
Larutan Simulasi Beton (LSB) + Air Laut A + Karbonat II	-290,1	1,56	7,15
Larutan Simulasi Beton (LSB) + Air Laut A + Karbonat III	-436,1	1,26	5,79
Larutan Simulasi Beton (LSB) + Air Laut B	-314,5	1,50	6,87
Larutan Simulasi Beton (LSB) + Air Laut B + Karbonat I	-362,1	1,52	6,97
Larutan Simulasi Beton (LSB) + Air Laut B + Karbonat II	-286,0	1,68	7,72
Larutan Simulasi Beton (LSB) + Air Laut B + Karbonat III	-339,6	2,40	1,10
Larutan Simulasi Beton (LSB) + NaCl 1,5%	-359,8	1,09	5,01
Larutan Simulasi Beton (LSB) + NaCl 3,5%	-286,6	1,91	8,75
Larutan Simulasi Beton (LSB) + NaCl 5%	-363,6	3,86	1,77

Tabel 4. Kondisi korosi berdasar rapat arus korosi.

$I_{corr}$ ( $A/cm^2$ )	Kondisi Korosi
$< 1 \times 10^{-7}$	Pasif
$1 \times 10^{-7}$ s/d $5 \times 10^{-7}$	Rendah - Sedang
$5 \times 10^{-7}$ s/d $1 \times 10^{-6}$	Sedang - Tinggi
$> 1 \times 10^{-6}$	Tinggi

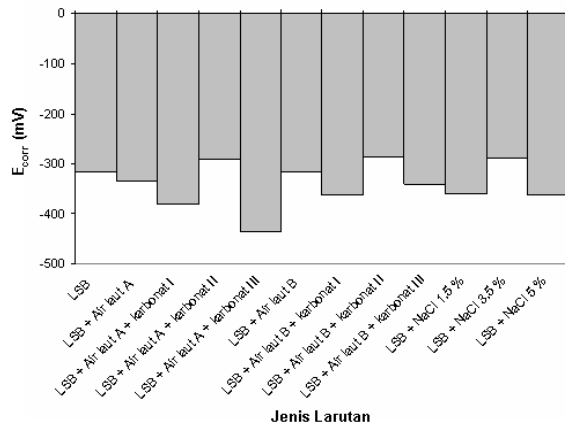
Pengukuran potensial korosi ( $E_{corr}$ ) dapat dijadikan sebagai salah satu parameter untuk menunjukkan kecenderungan baja beton terkorosi atau tidak ketika berinteraksi dengan suatu kondisi lingkungan tertentu. Tabel 5 menunjukkan hubungan antara hasil pengukuran potensial korosi ( $E_{corr}$ ) dengan kondisi korosi baja beton. Gambar 5 merupakan grafik hasil pengukuran potensial korosi ( $E_{corr}$ ) pada semua benda uji dalam berbagai tipe larutan uji.

Tabel 5. Kondisi korosi berdasar potensial korosi [18].

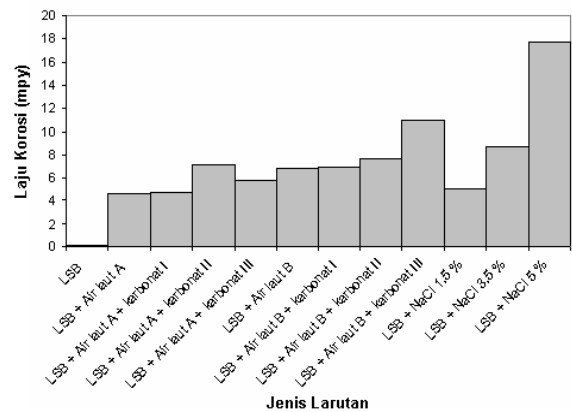
$E_{corr}$ ( $A/cm^2$ )	Kondisi Korosi
$< -426$	Sangat Korosi
$< -276$	Tinggi (90% terkorosi)
-126 s/d -275	Sedang
$> -125$	Rendah (10% terkorosi)

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai potensial korosi ( $E_{corr}$ ) baja beton di semua tipe larutan rata-rata berada pada rentang -400 mV sampai dengan -300 mV. Hal ini menunjukkan bahwa baja beton 90% dapat terkorosi baik pada lingkungan air laut, air laut dan karbonasi, maupun sodium klorida karena nilai potensial korosi ( $E_{corr}$ )  $< -276$  mV terhadap SCE. Potensial korosi menunjukkan nilai yang fluktuatif terhadap konsentrasi ion karbonat pada LSB yang mengandung air laut A maupun air laut B. Begitu juga pada LSB yang mengandung NaCl, nilai potensial korosi menunjukkan kecenderungan fluktuatif yang sama.

Pengukuran potensial korosi ini tidak dapat dijadikan sebagai satu-satunya data untuk menentukan tingkat korosifitas suatu baja beton karena dipengaruhi beberapa faktor yaitu difusi oksigen, porositas beton,



Gambar 5. Grafik potensial korosi ( $E_{corr}$ ) baja beton dalam larutan simulasi beton yang terkontaminasi air laut, ion karbonat dan ion klorida.



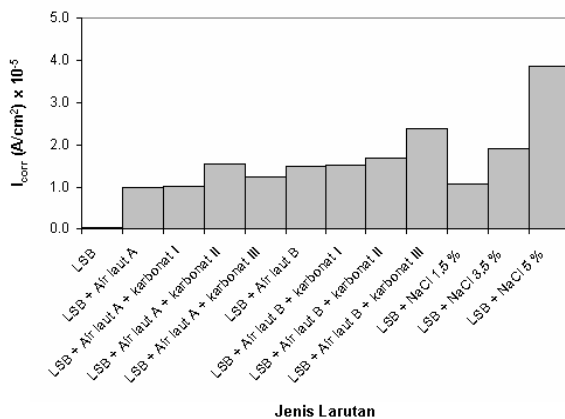
Gambar 7. Grafik laju korosi ( $i_{corr}$ ) baja beton dalam larutan simulasi beton yang terkontaminasi air laut, ion karbonat dan ion klorida.

dan adanya lapisan pasif beton. Oleh karenanya, pengukuran potensial ( $E_{corr}$ ) ini harus diikuti dengan pengukuran rapat arus korosi ( $I_{corr}$ ) dan laju korosi ( $i_{corr}$ ) untuk mendapatkan data yang akurat mengenai tingkat korosifitas baja beton.

### Rapat Arus Korosi ( $I_{corr}$ ) dan Laju Korosi (Corrosion Rate)

Hasil pengukuran rapat arus korosi ( $I_{corr}$ ) dan laju korosi ( $i_{corr}$ ) ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 6 dan Gambar 7. Grafik tersebut menampilkan plot rapat arus korosi ( $I_{corr}$ ) dan laju korosi ( $i_{corr}$ ) memiliki tren yang sama karena rapat arus korosi dan laju korosi berbanding lurus.

Pada Gambar 6 dan Gambar 7, dapat diketahui bahwa nilai rapat arus korosi dan laju korosi larutan simulasi beton (LSB) lebih rendah dibandingkan larutan uji yang terkontaminasi. Hal ini dikarenakan lapisan pasif pada kondisi alkaline dan tidak mengandung ion klorida ataupun ion karbonat yang dapat menyebabkan baja beton terkorosi walaupun memiliki pH yang sama dengan larutan lain (pH13).



Gambar 6. Grafik rapat arus korosi ( $I_{corr}$ ) baja beton dalam larutan simulasi beton yang terkontaminasi air laut, ion karbonat dan ion klorida.

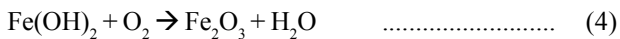
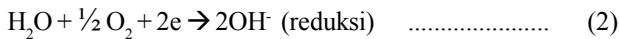
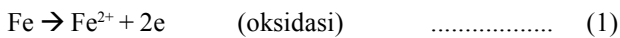
Dari Gambar 6 dan Gambar 7, dapat dilihat bahwa rapat arus dan laju korosi baja beton meningkat tajam pada LSB yang mengandung air laut dibandingkan hanya LSB. Dari Tabel 6 diketahui bahwa pada air laut mengandung ion Cl yang cukup signifikan baik pada air laut A (919090 mg/L) maupun pada air laut B (20094 mg/L). Begitu pula ion sulfat terkandung di dalam dua jenis air laut tersebut dengan kandungan yang relatif sama (496 mg/l dan 492,5 mg/L). kedua kandungan ion tersebut menyebabkan kenaikan laju korosi baja beton.

Berdasarkan Gambar 6 dan Gambar 7 dapat diketahui pula bahwa air laut B memiliki tingkat korosifitas yang lebih tinggi dibandingkan air laut A karena nilai rapat arus korosi dan laju korosi air laut B yang lebih tinggi dibandingkan nilai rapat arus korosi dan laju korosi air laut A. Perbedaan tersebut dimungkinkan akibat adanya beberapa perbedaan terutama pada kandungan COD/BOD dan sedikit perbedaan pada kandungan ion Cl seperti ditunjukkan di dalam Tabel 6. Dari Tabel 6 terlihat bahwa kandungan COD/BOD air laut A dua kali lipat lebih tinggi dibanding air laut B. Semakin tinggi kandungan COD dan BOD maka jumlah oksigen yang terlarut dalam air semakin rendah

Tabel 6. Hasil uji komposisi fisika dan kimia air laut Ancol (air laut A) dan air laut Muara Baru (air laut B).

No.	Parameter	Satuan	Air Laut (Unit) A	Air Laut B
<b>A. PHYSICAL</b>				
1.	Total Suspended Solids (TSS) *	mg/L	8,3	8,1
<b>B. CHEMICAL</b>				
1.	pH *	-	7,7	7,8
2.	Salinitas *	%	32,2	32,2
3.	Chloride(Cl) *	mg/L	19090	20094
4.	COD *	mg/L	104,7	53,9
5.	BOD	mg/L	34	17
6.	Magnesium (Mg)	mg/L	830	1080
7.	Sulphate (SO <sub>4</sub> )	mg/L	496	492,5
8.	Nitrate (NO <sub>3</sub> - N)	mg/L	< 2	< 2
9.	Oil and Fats *	mg/L	< 1,41	< 1,41
10.	Natrium (Na)	mg/L	< 0,002	< 0,002

akibat digunakan untuk mengurai bahan-bahan kimia dan organik. Semakin rendah oksigen yang terlarut maka laju korosi semakin rendah karena reaksi korosi membutuhkan oksigen sebagaimana reaksi di bawah ini :



Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai rapat arus korosi dan laju korosi meningkat akibat penambahan ion karbonat baik pada LSB yang mengandung air laut A maupun air laut B. Secara umum, semakin meningkatnya konsentrasi ion karbonat pada larutan LSB, laju korosi baja beton di dalam larutan tersebut cenderung meningkat. Ion karbonat yang ditambahkan bertujuan mensimulasikan karbonasi CO<sub>2</sub> dengan Ca(OH)<sub>2</sub> pada beton yang membentuk senyawa CaCO<sub>3</sub> yang menyebabkan lapisan pasif tidak stabil walaupun berdasarkan pengukuran pH larutan tidak berubah pada nilai 13. Semakin tinggi konsentrasi ion karbonat, lapisan pasif semakin tidak stabil dan laju korosi semakin meningkat.

Rapat arus dan laju korosi baja beton dalam larutan yang terkontaminasi sodium klorida juga memiliki laju korosi yang jauh lebih tinggi dari laju korosi larutan LSB. Kemudian laju korosi meningkat tajam seiring dengan peningkatan konsentrasi sodium klorida yang ditambahkan. Baja beton dalam larutan uji yang dicampursodium klorida 5% memiliki tingkat korosifitas tertinggi. Hal ini membuktikan bahwa masuknya ion klorida ke dalam selimut beton yang melebihi batas kritisnya dapat menyebabkan terjadinya korosi sehingga semakin tinggi ion klorida yang ditambahkan maka semakin tinggi pula laju korosinya. Dalam Gambar 6 dan Gambar 7 juga dapat dilihat bahwa korosifitas air laut A sedikit lebih rendah dari korosifitas larutan dengan kandungan NaCl 1,5%, sedangkan korosifitas air laut B berada diantara korosifitas larutan yang mengandung NaCl 1,5% dan 3,5%. Hasil ini menunjukkan bahwa korosifitas baja di dalam air laut tidak selalu dapat disimulasikan dengan menggunakan larutan dengan kandungan 3,5% NaCl karena disamping kandungan NaCl di dalam air laut yang bervariasi dari satu tempat ke tempat yang lain juga kandungan senyawa lain di dalam air laut juga dapat berpengaruh terhadap besarnya korosifitas baja.

**KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian polarisasi potensiodinamik baja beton dalam larutan simulasi yang terkontaminasi air laut dan karbonasi, disimpulkan bahwa kontaminasi air laut atau klorida di dalam larutan simulasi beton meningkatkan secara signifikan laju korosi baja beton. Laju korosi meningkat meningkat tajam dengan meningkatnya

konsentrasi klorida di dalam larutan. Laju korosi di dalam larutan yang mengandung air laut meningkat dengan penambahan karbonat dan terus meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi karbonat. Korosifitas larutan yang mengandung air laut Muara Baru lebih tinggi dari pada korosifitas larutan yang mengandung air laut Ancol. Korosifitas air laut Ancol sedikit lebih rendah dari korosifitas larutan dengan kandungan NaCl 1,5%, sedangkan korosifitas air laut Muara Baru berada diantara korosifitas larutan yang mengandung NaCl 1,5% dan 3,5%.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada kedeputian Ilmu Pengetahuan Kebumian LIPI yang telah mendanai penelitian ini melalui mekanisme kegiatan Prioritas Kedepuitan Tahun 2015 dan kepada Pusat Penelitian Metalurgi dan Material LIPI yang telah memfasilitasi pengujian dalam penelitian ini.

**DAFTAR ACUAN**

- [1]. Lasabuda, R. “Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia”. *Jurnal Ilmiah Platax*, vol 1-2, pp. 92-101, 2013.
- [2]. Wahyuningsih. “Kawasan Pesisir Indonesia”. EGSA FGE UGM, 2011.
- [3]. X.Shi, N.Xie, K.Fortune and Jing Gong. “Durability of Steel Reinforced Concrete in Chloride Environments : An Overview”. *Construction and Building Materials*, vol. 30, pp. 125-138, 2012.
- [4]. M.B. Valcarce, C. Lopez and M. Vazquez. 2012. “The Role of Chloride, Nitrite and Carbonate Ions on Carbon Steel Passivity Studied in Simulating Concrete Pore Solutions”. *Journal of the Electrochemical Society*, vol. 159, no. 5, pp. C244-C251, 2012.
- [5]. I.L. Kondratova, P. Montez, dan T.W. Bremner. “Natural Marine Exposure Results for Reinforced Concrete Slabs with Corrosion Inhibitors”. *Cement and Concrete Composites*, vol. 25, pp. 483-490, 2003.
- [6]. W.Chen, R.G. Du, C.Q.Ye, Y.F.Zhu and C.J.Lin. “Study on The Corrosion Behavior of Reinforcing Steel in Simulated Concrete Pore Solutions using in situ Raman Spectroscopy Assisted by Electrochemical”. *Electrochimica Acta*, vol. 55, pp. 5677-5682, 2010.
- [7]. H.Xu, Y.Liu, W.Chen, R.G.Du and C.J. Lin. “Corrosion Behavior of Reinforcing Steel in Simulated Concrete Pore Solutions : A Scanning Micro-reference Electrode Study”. *Electrochimica Acta*, vol. 54, pp. 4067-4072, 2009.
- [8]. M. Pandiarajan, P. Prabhakar and S. Rajendran. “Corrosion Behaviour of Mild Steel in Simulated Concrete Pore Solution Prepared in Rain Water, Well Water, and Sea Water”. *Eur. Chem. Bull*, vol. 1, no. 7, pp. 238-240, 2012.

- [9]. L.Jiang, G.Huang, J.Xu, Y.Zhu and L.Mo. "Influence of Chloride Salt Type on Threshold Level of Reinforcement Corrosion in Simulated Concrete Pore Solutions". *Construction and Building Materials*, vol. 30, pp. 516-521, 2012.
- [10]. C. G. Berrocal, K.Lundgren and I.Lofgren. "Corrosion of Steel Bars Embedded in Fibre Reinforced Concrete under Chloride Attack : State of The Art". *Cement and Concrete Research*, 2015.
- [11]. P. Garces, P. Saura, E. Zornoza and C. Andrade. "Influence of pH on The Nitrite Corrosion Inhibition of Reinforcing Steel in Simulated Concrete Pore Solution". *Corrosion Science*, vol. 53, pp. 3991-4000, Aug. 2011.
- [12]. M. Criado, I. Sobrados, J.M. Bastidas and J. Sanz. "Steel Corrosion in Simulated Carbonated Concrete Pore solution its Protection Using Sol-Gel Coatings". *Progress in Organic Coatings*, vol. 88, pp. 228-236, 2015.
- [13]. R.Liu, L.Jiang, J.Xu, C. Xiong and Z.Song. "Influence of Carbonation on Chloride-Induced Reinforcement Corrosion in Simulated Concrete Pore Solutions". *Construction and Building Materials*, vol. 56, pp. 16-20, 2014.
- [14]. M. Ormellese *et al.* "Corrosion Inhibitors for Chlorides Induced Corrosion in Reinforced Concrete Structures". *Cement and Concrete Research*, vol. 36, pp. 536-547, 2006.
- [15]. M.Gastaldi and L.Bertolini. "Effect of Temperature on the Corrosion Behaviour of Low-Nickel Duplex Stainless Steel Bars in Concrete" *Cement and Concrete Research*, vol. 56, pp. 52-60, 2014.
- [16]. A.Guo, H.Li, X.Ba, X.Guan and H.Li. "Experimental Investigation on The cyclic Performance of Reinforced Concrete Piers with Chloride-Induced Corrosion in Marine Environment". *Engineering Structures*, vol. 105, pp. 1-11, 2015.