

KOROSI BAJA TULANGAN PADA BETON OPC, PCC, DAN OPC POFA DI LINGKUNGAN AIR GARAM

Debby Mayangsari¹⁾, Monita Olivia²⁾, Zulfikar Djauhari³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : debbymayang@gmail.com

Abstract

This paper presents the results of an experimental investigation on the steel reinforcement corrosion and sorptivity. Concretes having three type of cements (OPC, PCC, and a mixtured of palm oil fuel ash). The effect of using blended cements on the resistance of concrete against damage caused by corrosion of the embedded reinforcement has been investigated using an halfcell potential (ASTM C876). PCC concrete showed high resistance against damage by corrosion of the steel reinforcement.

Keywords : palm oil fuel ash (POFA), half-cell potential, sorptivity, concrete

A. PENDAHULUAN

A.1 Latar belakang

Menurut BIG (Badan Informasi Geospasial), Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan panjang garis pantai terpanjang kedua setelah Canada. Dengan wilayah pesisir yang luas dan perairan laut yang mencapai hampir dua pertiga wilayah, maka pengembangan dan pengelolaan wilayah laut di Indonesia sudah selayaknya digarap dengan lebih serius. Pengelolaan wilayah pesisir penting karena sebagian besar wilayah ini telah berkembang menjadi kota-kota besar seperti Jakarta, Semarang, Surabaya, Makassar, Manado, dan lainnya yang menggunakan struktur beton sebagai struktur utama bangunan.

Kelebihan beton sebagai struktur yang cukup kuat dan masif tidak terlepas dari adanya kerusakan, salah satunya yaitu kerusakan secara kimiawi. Kerusakan secara kimiawi banyak terjadi di lingkungan agresif seperti di lingkungan laut. Ada dua kondisi yang dapat menghancurkan lapisan pasif baja pada beton tanpa merusak beton itu sendiri yaitu karbonasi dan serangan klorida (Broomfield, 2007). Serangan klorida menyebabkan *serviceability* beton menurun dalam fungsinya sebagai struktur bangunan yang berdampak umur layan beton tidak dapat mencapai umur rencana.

Untuk memperbaiki kinerja beton dalam mengatasi serangan klorida, maka pemilihan tipe semen yang tepat merupakan

solusi yang baik. Ada beberapa tipe semen di Indonesia antara lain tipe OPC (*Ordinary Portland Cement*), *White Cement* dan yang paling baru adalah PCC (*Portland Composite Cement*). Semen OPC (*Ordinary Portland Cemen*) juga dikenal dengan Portland Tipe I, merupakan tipe semen yang sudah digunakan sejak lama.

Beberapa bahan tambah yang biasa digunakan pada semen adalah pozzolan, *fly ash*, *slag*, dan *silica fume*. Sekarang, penggunaan pozzolan sebagai bahan tambah semakin banyak. Salah satunya adalah abu sawit (*Palm Oil Fuel Ash*). Hal ini disebabkan karena abu sawit memiliki kandungan silika (SiO_2) cukup tinggi yaitu sebesar 89,91% (Siregar, 2008). Apabila unsur silika (SiO_2) ditambahkan dalam campuran beton, maka akan bereaksi dengan kapur bebas Ca(OH)_2 yang merupakan unsur lemah dalam beton menjadi gel CSH baru, dimana CSH merupakan unsur utama yang meningkatkan kekuatan pasta semen (Alit, 2009).

A.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji nilai potensial korosi tulangan setelah perendaman di dalam larutan garam sampai umur 91 hari.
2. Mengkaji nilai *sorptivity* pada beton dengan berbagai jenis semen yang

dilakukan pada perendaman di dalam larutan garam umur 28 hari.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Definisi Beton

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.

Menurut Mulyono (2003), beton adalah sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material penyusunnya yang terdiri dari semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture*).

Penggunaan beton pada struktur bangunan masih menjadi pilihan utama dikarenakan sifatnya yang mampu memikul beban yang berat serta tahan terhadap temperatur yang tinggi. Beton mampu menahan gaya tekan akan tetapi lemah terhadap gaya tarik. Nilai kuat tarik beton berkisar antara 9%-15% dari nilai kuat tekannya. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, beton diberi tulangan baja karena koefisien baja hampir sama dengan koefisien beton.

Kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton dipengaruhi oleh kualitas semen, proporsi semen terhadap campuran, kekuatan dan kebersihan agregat, interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, penempatan dan pemadatan beton yang benar, dan kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985:24, dalam Mulyono, 2003).

B.2 Material Penyusun Beton

B.2.1 Semen

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Menurut ASTM-C-150-1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidraulik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik. Bahan utama pembentuk semen portland adalah kapur (CaO) sekitar 65%, silika (SiO₂) sekitar 20%-25%, alumina (Al₂O₃) sekitar 7%-12%, sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang

ditambahkan oksida besi, sedangkan gipsium (CaSO₄.2H₂O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2003). Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu masa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat.

Perbedaan komposisi semen OPC dan semen PCC dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Komposisi semen OPC dan PCC

Jenis Semen	OPC	PCC
Al ₂ O ₃ (%)	5,49	7,40
CaO (%)	65,21	57,38
SiO ₂ (%)	20,92	23,04
Fe ₂ O ₃ (%)	3,78	3,36
Kehalusan (%)	4,00	2,00
Berat Isi (kg/l)	1,29	1,15

Sumber : (Alit, 2009)

B.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kira-kira 70% sampai dengan 75% volume beton diisi oleh agregat, sehingga karakteristik dan sifat dari agregat memiliki pengaruh langsung terhadap kualitas dan sifat-sifat beton (Nugraha & Antoni, 2007). Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*Artificial Aggregates*).

Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Batasan ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4.80 mm (*British Standard*) atau 4.75 mm (Standar ASTM). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirannya lebih besar dari 4.80 mm (4.75 mm). Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4.80 – 40 mm disebut kerikil beton dan yang lebih dari 40 mm disebut kerikil kasar. Agregat halus atau pasir adalah material yang lolos dari saringan yang berukuran 4,75 mm. Material yang kasar dari ukuran ini digolongkan sebagai agregat yang kasar atau koral. Agregat halus yang baik harus bebas organik, lempung, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan dari ASTM (*American Society of Testing and Materials*).

B.2.3 Air

Penggunaan air pada campuran beton bertujuan untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan. Air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan beton (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan beton. Jumlah air yang digunakan ada campuran beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Air yang digunakan dalam untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik, atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum (Mulyono, 2004).

B.2.4 Bahan Tambah Kimia

Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti dalam campuran beton itu sendiri. Secara umum, bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan-bahan *admixture* yang tidak dapat larut dalam air digolongkan sebagai *mineral admixture*. Beberapa tipe-tipe mineral admixture adalah sebagai berikut:

1. Material *cementitious* (dapat bereaksi langsung dengan air)
Bahan ini mengandung silikat dan kalsium aluminosilikat. Contoh: *Blast Furnace Slag*, yaitu bahan buangan industri baja yang menggunakan tanur pijar.
2. Material *pozzolanic*
Material yang dapat bereaksi dengan kapur bebas (Ca(OH)_2) plus air. Komposisinya didominasi oleh silika dan alumina. Contoh: abu sawit, *fly ash* kelas F, yaitu sisa buangan industri yang menggunakan batubara jenis *bituminous* atau *anthracite*. Selain itu, *silica fume*

(hasil sampingan produksi elemen silikon).

3. Material *pozzolanic* dan *cementitious*
Material ini dapat bereaksi dengan air saja atau dengan kapur bebas (Ca(OH)_2) plus air. Komposisinya didominasi oleh silika, alumina dan kapur. Contoh: *fly ash* kelas C, yaitu sisa buangan Industri PLTU yang menggunakan batubara jenis *lignite* atau *subbituminous*.
4. Material inert
Material ini tidak bereaksi secara kimiawi dengan unsur-unsur semen. Contoh: bahan buangan pabrik batu marmer, bahan kuarsa yang sudah dihaluskan dan lain-lain.

B.2.5 Karakteristik Abu Sawit (*Palm Oil Fuel Ash*)

Abu cangkang sawit merupakan limbah hasil pembakaran cangkang kelapa sawit yang mengandung banyak silikat. Abu sawit juga mengandung Kation Anorganik seperti Kalium dan Natrium.

Pemilihan abu sawit sebagai campuran semen karena abu sawit memiliki silika (SiO_2) cukup tinggi yaitu sebesar 89,91% (P. Siregar, 2008). Kemudian, ada juga penelitian yang dilakukan oleh Altwair, Johari, & Hashim (2014), komposisi silika (SiO_2) yang terkandung di dalam abu sawit didapatkan sebesar 66,91%. Apabila unsur silika (SiO_2) ditambahkan dalam campuran beton, maka akan bereaksi dengan kapur bebas Ca(OH)_2 yang merupakan unsur lemah dalam beton menjadi gel CSH ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) baru, dimana CSH merupakan unsur utama yang meningkatkan kekuatan pasta semen (Alit, 2009). Komposisi abu sawit menurut (Altwair et al., 2014) dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Komposisi abu sawit (% berat)

Unsur	% berat
SiO_2	66,91
Al_2O_3	6,44
Fe_2O_3	5,72
CaO	5,56
MgO	3,13
SO_3	0,33

K ₂ O	5,20
Na ₂ O	0,19

(Sumber: Altwair et al., 2014)

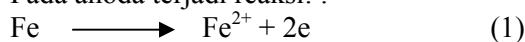
B.2.6 Mekanisme Korosi Baja Tulangan pada Beton

Beton secara makro terlihat sebagai material yang kuat dan masif, tetapi jika dilihat secara mikro, maka pori-pori beton akan terlihat sangat jelas dengan diameter yang sangat kecil yaitu 3µm – 2 µm yang umumnya menerus dan dinamakan pori kapiler. Ukuran diameter pori-pori kapiler tersebut masih memungkinkan senyawa-senyawa di sekitar beton untuk berinfiltrasi ke dalam beton dengan cara berdifusi. Proses ini dapat terjadi karena ada perbedaan konsentrasi di dalam dan di luar beton, misalnya struktur beton di sekitar daerah laut atau pantai, karena konsentrasi ion klorida di luar beton lebih tinggi daripada di dalam beton maka akan terjadi difusi ion klorida ke dalam beton hingga ke tulangan baja di dalamnya

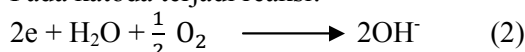
Tulangan baja di dalam beton berada dalam lingkungan bersifat basa kuat dengan nilai pH ± 12,5. Keadaan ini disebabkan karena beton mengandung 20%-30% Kalsium Dihidrosida (Ca(OH)₂), sebagian berupa larutan jenuh Ca(OH)₂ di dalam beton, sebagian mengendap berupa kristal Ca(OH)₂ di dalam beton. Lingkungan basa kuat ini memberikan perlindungan terhadap tulangan baja di dalam beton dari serangan korosi karena baja tulangan di dalam lingkungan basa kuat menjadi pasif (Fahirah, 2007).

Korosi pada besi tulangan merupakan proses bereaksinya atom-atom Fe yang berada dalam batang tulangan menjadi ion Fe²⁺ atau Fe³⁺. Mekanisme korosi yang disebabkan ion klorida adalah sebagai berikut:

Pada anoda terjadi reaksi :

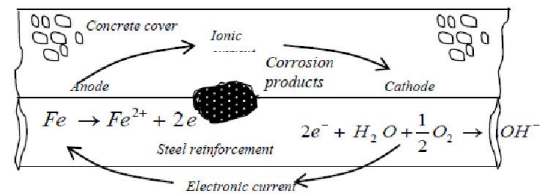


Pada katoda terjadi reaksi:



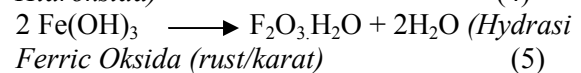
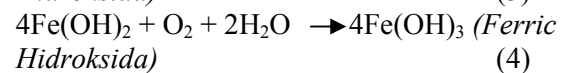
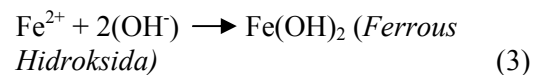
Hasil pada reaksi tersebut terbentuknya ion hidroksil (OH⁻) yang mana ion tersebut meningkatkan sifat alkali dari beton tersebut dan memperkuat lapis pasif yang mana akan mengurangi pengaruh karbonisasi dan ion klorida pada katoda seperti

pada Gambar 1 di bawah ini (Broomfield, 2007).



Gambar 1 Mekanisme terjadinya korosi pada tulangan dalam beton

Akan tetapi dengan adanya air dan oksigen yang cukup maka ion Ferrous (Fe²⁺) akan larut dalam air membentuk Ferrous Hidroksida seperti reaksi berikut:



Volume Ferric Hidroksida (Fe(OH)₃) yang terhidrasi lebih banyak dari volume besi yang teroksidasi, sehingga volume bertambah menjadi empat sampai enam kali dari volume besi yang teroksidasi (Manuela et al., 1997).

B.3 Persiapan Penelitian

Pada tahaan ini dilakukan analisis pendahuluan terhadap abu sawit (Palm Oil Fuel Ash) PKS Lubuk Raja untuk mengetahui karakteristik kimia dari abu sawit tersebut.

B.4 Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan sampel benda uji beton pada penelitian ini sebanyak 18 buah sampel untuk tiga variasi. Variasi A yaitu beton dengan semen OPC, variasi B yaitu beton dengan semen PCC dan variasi C yaitu beton dengan semen OPC dicampur dengan POFA 10%. Umur pengujian yaitu umur 28 dan 91 hari. Pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau Pekanbaru. Rincian benda uji yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rincian Benda Uji untuk Pengujian Sifat Mekanik Beton

Jenis Pengujian	Uji <i>half-cell potential</i>	Uji <i>Sorptivity</i>
Umur	91	28
OPC	3	3
PCC	3	3
OPC+POFA10%	3	3

B.5 Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian sorptivity sesuai umur rencana 28 hari. Sedangkan *half cell* dilakukan selama 91 hari. Pengujian sorptivity dilakukan dengan menghitung laju masuknya air ke dalam beton berdasarkan menit tertentu. Setiap variasi memiliki 3 buah benda uji per setiap pengujian dan data yang diolah dengan merata-ratakan ketiga hasil benda uji tersebut.

C. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

C.1 Analisis Karakteristik Abu Sawit

Komposisi kimia POFA diteliti di Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung. POFA yang diteliti dan digunakan dalam penelitian ini adalah POFA yang lolos saringan No.200. Komposisi utama dari POFA adalah SiO_2 . Hasil uji komposisi kimia POFA Pabrik Kelapa Sawit Lubuk Raja yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Komposisi kimia POFA PKS Lubuk Raja

Unsur	% berat
SiO_2	64,36
Al_2O_3	4,36
Fe_2O_3	3,41
CaO	7,92
MgO	4,58
SO_3	0,04
K_2O	5,57
TiO_2	0,87
MnO	0,1
P_2O_5	3,64
H_2O	0,59

Sumber: Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung

C.2 Analisis Propertis Agregat

Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan beton adalah *bulk specific gravity on SSD basic*. Hasil pemeriksaan berat jenis pada penelitian ini adalah 2,63. Nilai ini masuk ke dalam range nilai standar spesifikasi berat jenis yaitu 2,58 – 2,83. Hasil pemeriksaan penyerapan (*absorption*) pada penelitian ini sebesar 1,63%, nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi penyerapan yaitu 2,0 – 7,0%.

Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar sebesar 1,4 gr/cm^3 untuk kondisi gembur dan 1,56 gr/cm^3 untuk kondisi padat telah memenuhi standar spesifikasi berat volume agregat kasar yaitu berada di range 1,4-1,9 gr/cm^3 .

Kadar air agregat kasar pada penelitian ini sebesar 0,91%. Kadar air agregat kasar ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air agregat dikarenakan agregat sebelum dilakukan pengujian terpapar sinar matahari sehingga menjadi kering.

Modulus kehalusan didapatkan dari pengujian analisa saringan agregat kasar. Nilai modulus kehalusan agregat kasar dari penelitian ini diperoleh angka 6,95. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi spesifikasi agregat kasar yaitu pada rentang 5 - 8.

Pemeriksaan ketahanan aus terhadap agregat kasar diperoleh nilai sebesar 29,82%, dan nilai ini memenuhi standar spesifikasi ketahanan aus yaitu < 40%. Kekuatan beton dipengaruhi oleh kekuatan agregatnya. Semakin kuat agregat, semakin tinggi kekuatan beton.

Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus untuk *bulk specific gravity on SSD* adalah sebesar 2,67 gr/cm^3 . Nilai ini berada di dalam spesifikasi berat jenis yaitu 2,58 - 2,83 gr/cm^3 . Hasil pemeriksaan penyerapan (*absorption*) agregat halus diperoleh sebesar 1,42%. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi penyerapan yaitu 2-7 %. Absorpsi agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen.

Kadar lumpur agregat halus yang didapat pada penelitian ini sebesar 8,28%. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar lumpur yaitu kecil dari 5%. Lumpur yang menempel pada permukaan agregat dapat menghalangi terjadinya lekatan yang baik antara agregat dan pasta semen sehingga pasta menjadi lebih rapuh.

Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus adalah sebesar 0,6%. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air agregat halus yaitu 3% - 5%. Rendahnya nilai kadar air dari hasil pemeriksaan disebabkan kondisi agregat halus yang kering sebelum dilakukan pengujian.

Hasil pemeriksaan modulus kehalusan agregat sebesar 2,9. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi modulus kehalusan butiran agregat halus yaitu 1,5 – 3,8. Modulus kehalusan digunakan untuk mendapatkan perbandingan berat antara agregat halus dan agregat kasar dalam campuran beton.

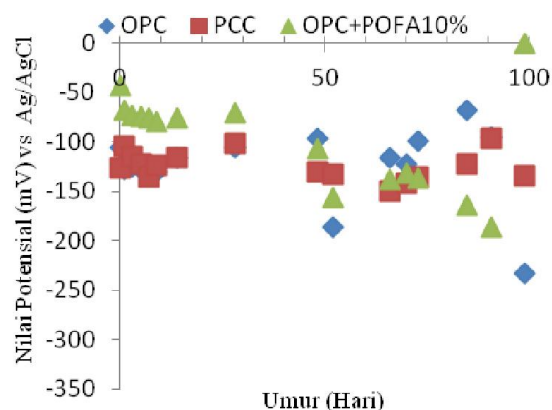
Berat volume agregat halus yang diperoleh sebesar 1,7 gr/cm³ untuk kondisi padat dan 1,5 gr/cm³ untuk kondisi gembur. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi berat volume yaitu berada di range 1,4-1,9 gr/cm³.

Hasil pemeriksaan kadar organik yang diperoleh adalah warna No. 2. Warna ini memenuhi standar spesifikasi kadar organik agregat halus yaitu tidak boleh lebih dari warna No. 3. Dari hasil tersebut bahwa agregat halus yang digunakan tidak mengandung organik yang tinggi sehingga bagus untuk campuran beton.

C.3 Hasil Pengujian Beton

C.3.1 Hasil pengujian *half-cell potential*

Pengujian *half-cell potential* dilakukan selama 91 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan diberi tulangan baja ulir berdiameter 10 mm di bagian tengahnya. Benda uji direndam ke dalam larutan garam (NaCl) dengan konsentrasi 5%. Nilai potensial korosi tulangan pada beton OPC, PCC dan OPC+POFA10% dapat dilihat pada Gambar 2.

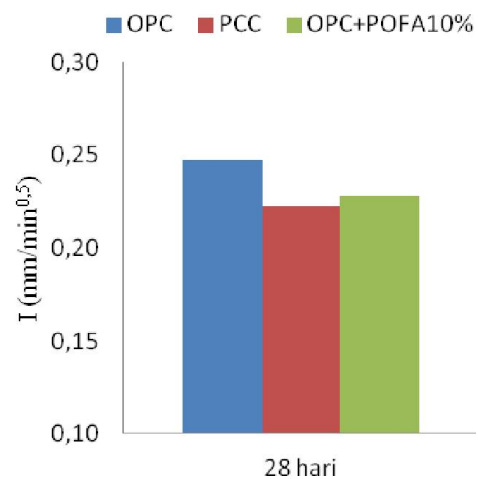


Gambar 2 Perubahan nilai potensial korosi vs waktu

Pada Gambar 2 terlihat ketiga jenis beton masih mengalami kenaikan dan penurunan nilai potensial sebelum umur 91 hari. Akan tetapi beton OPC terus bergerak turun menunjukkan nilai sebesar -232,5 mV. Berdasarkan ASTM C876, indikasi korosi sedang yaitu berkisar antara -200 mV sampai -350 mV dan indikasi korosi yang sangat tinggi apabila nilai potensial lebih besar dari -350 mV. Artinya, beton OPC terindikasi korosi sedang apabila terus bergerak naik seiring dengan pertambahan umur. Lapisan pasif baja pada beton OPC belum mengalami kerusakan yang parah sehingga masih bisa melindungi baja tulangan dari korosi. Beton PCC dan OPC+POFA10% menunjukkan *trend* yang turun seiring pertambahan hari. Hal ini disebabkan karena reaksi *pozzolanic* mulai bekerja mengisi pori-pori pada beton sehingga dapat mengurangi laju masuknya air ke dalam beton.

C.3.2 Hasil pengujian *sorptivity*

Pengujian *sorptivity* dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 5 cm. Nilai *sorptivity* pada beton OPC, PCC dan OPC+POFA10% dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Laju *sorptivity*

Dari Gambar 3 terlihat bahwa pada umur 28 hari laju *sorptivity* terkecil adalah beton PCC 0,2224 mm/min^{0,5}, kemudian beton OPC+POFA10% sebesar 0,2283 mm/min^{0,5} dan paling besar yaitu beton OPC sebesar 0,2472 mm/min^{0,5}. Nilai *sorptivity* ketiga jenis beton ini belum memenuhi standar karena tidak berada diantara rentang 0,1-0,2

mm/min^{0.5} dikarenakan beton masih cukup *porous*. Laju masuknya air yang cukup besar pada beton PCC dan beton OPC+POFA10% disebabkan karena beton belum mengalami hidrasi yang sempurna. Hal ini tentu berpengaruh terhadap ikatan antar butir agregat yang belum sempurna sehingga menyebabkan beton memiliki pori yang cukup besar dan menyebabkan laju masuknya air cukup tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Yahaya *et al* (2014), beton dengan *blended cement* memang memiliki kuat tekan rendah dan sedikit porous pada umur awal dan akan meningkat pada umur selanjutnya.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

D.1 Kesimpulan

1. Nilai potensial korosi beton OPC menunjukkan indikasi terjadinya korosi sedang, sedangkan beton PCC dan OPC POFA menunjukkan tingkat korosi yang rendah selama 91 hari.
2. Nilai *sorptivity* beton PCC lebih kecil dibandingkan beton OPC dan beton OPC+POFA10%.

D.2 Saran

1. Perlu adanya pengujian laju korosi per tahun, sehingga bisa menentukan berapa besar laju korosi per tahunnya.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan menggunakan abu sawit yang diambil dari beberapa tempat yang berbeda.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai jenis semen yang lain sehingga menambah referensi yang baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Alit, I.M., 2009. *Pengaruh Jenis Semen dan Jenis Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton*, Bali.
- Altwair, N.M., Johari, M.A.M. & Hashim, S.F.S., 2014. *Influence of Treated Palm Oil Fuel Ash on Compressive Properties and Chloride Resistance of Engineered Cementitious Composites*, Pahang.
- ASTM-C-150-1985, 1985. *Standard Specification for Portland Cement*, United States.
- ASTM-C-876-2007. (2007). *Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in* (Vol. 91). United States.
- BIG, Badan Informasi Geospasial. Available at: <http://www.bakosurtanal.go.id/berita-surta/show/untuk-tingkatkan-penelitian-kelautan-dan-kepesisiran-perlu-dilakukan-kerja-sama-dengan-sklec-east-china-normal-university-shanghai> [Accessed January 11, 2016].
- Broomfield, J.P., 2007. *Corrosion of Steel in Concrete 2nd Edition*, Abingdon: Taylor & Francis.
- Fahirah, 2007. *Korosi pada Beton Bertulang dan Pencegahannya*, Palu: Universitas Tadulako.
- Manuela, M., Elsa, S. & Pereira, V., 1997. *Factors Influencing the Corrosion in Reinforced Concrete. State of the Art*, Brazil.
- Mulyono, T., 2003. *Teknologi Beton II*, Yogyakarta: ANDI.
- Napitupulu, R., 2014. *Pengaruh Penambahan Abu Boiler Kelapa Sawit dalam Meningkatkan Kekuatan Beton*, Medan: Universitas Medan.
- Nugraha, P. & Antoni, 2007. *Teknologi Beton*, Yogyakarta: ANDI.
- Siregar, A.P.N., 2006. *Laju Korosi Tulangan pada Mutu Beton yang Berbeda* Universita., Palu: Universitas Tadulako.
- Siregar, P., 2008. *Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit sebagai Campuran Semen pada Beton*. Universitas Sumatera Utara.
- SNI-03-2847-2002, 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Bandung.
- Yahaya, F.M., Muthusamy, K. & Sulaiman, N., 2014. *Corrosion Resistance of High Strength Concrete Containing Palm Oil Fuel Ash as Partial Cement Replacement*, Pahang.