

ABSTRAK

Willy Sanjaya, Stefanus Ferdi Taslim

Studi Penetrasi Ion Klorida Pada Beton Konvensional dan Beton Fly Ash
Teraktivasi

Salah satu masalah utama struktur beton di daerah maritim adalah korosi tulangan yang diakibatkan oleh penetrasi ion klorida. Agar struktur dapat mencapai masa layan yang didisain, diperlukan perencanaan ketahanan terhadap penetrasi ion klorida dengan memperhatikan kondisi di lapangan dan material yang digunakan. Penelitian ini dilakukan untuk mencari korelasi penetrasi ion klorida pada beton yang terjadi pada kondisi normal dan dengan menggunakan percepatan arus DC berdasarkan metode *NordTest (NT Built 492)*. Selain itu juga akan diteliti cara untuk meningkatkan durabilitas struktur beton dengan menggunakan *fly ash* dan penggunaan larutan alkali sebagai aktivator untuk lebih meningkatkan durabilitasnya.

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah korelasi antara penetrasi ion klorida pada kondisi normal di lapangan dan dengan menggunakan percepatan arus DC. Penggunaan *fly ash* dan NaOH sebagai campuran beton juga menunjukkan bahwa dengan kadar *fly ash* 30% dan larutan NaOH memberikan hasil yang efektif dalam mereduksi ion klorida. Penggunaan NaOH dengan cara dicampurkan secara langsung lebih baik dibandingkan dengan mengoleskan pada permukaan beton.

KATA KUNCI :

Korosi tulangan, Penetrasi ion klorida, Faktor air semen, *Fly ash*, Larutan alkali.

ABSTRACT

Willy Sanjaya, Stefanus Ferdi Taslim

Study of Chloride Penetration in Conventional Concrete and Activated
Fly Ash Concrete

The main problem of reinforced concrete structure in marine environment is corrosion of the reinforcement due to the chloride penetration. In order to achieve the designed service life time of the structure, durability design that include field condition and materials used is required. This research aims to correlate chloride penetration exposed in normal condition to the chloride penetration accelerated in laboratory by electric current. This paper will also investigate the effectiveness of fly ash concrete activated by alkaline solution to reduce penetration of chloride ions.

The results of this research are correlation between chloride penetration in normal condition concrete to chloride penetration under accelerated condition. Moreover, the usage of 30% fly ash and NaOH solution as a mixture is very effective to reduce chloride penetration. NaOH mixed in concrete gives better result than NaOH coated on the surface of concrete to reduce chloride penetration.

KEYWORDS :

Corrosion of reinforcing steel, Chloride ion penetration, ,Fly ash ,Alkaline solution.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	viii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	x
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Pembahasan	5
 2 LANDASAN TEORI	 7
2.1 Mekanisme Penetrasi Ion Klorida.....	7
2.2 Teori Difusi Klorida.....	9
2.3 Tes Penetrasi Ion Klorida.....	10
2.4 Kandungan dan Pengaruh Ion Klorida dalam Air Laut	10
2.5 Serangan Asam Sulfat dan Reaksi dengan Semen.....	11
2.6 <i>Fly Ash</i>	14
2.7 Beton <i>Geopolymer</i>	16
 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	 20
3.1 Material	20
3.1.1 Agregat kasar	20
3.1.2 Agregat halus	21
3.1.3 Air	21
3.1.4 Semen.....	21
3.1.5 <i>Fly ash</i>	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Beton Terekspos pada Larutan Sodium Klorida tanpa Percepatan	22
3.3.1 <i>Mix design</i>	22
3.3.2 Penempatan beton	23
3.3.3 Tes penetrasi ion klorida	24
3.4 Untuk Beton Dengan Percepatan Arus DC :.....	26

3.4.1	<i>Mix design</i>	26
3.4.2	Persiapan penetrasi ion klorida dengan percepatan	27
3.4.3	Proses penetrasi ion klorida dengan menggunakan percepatan	29
3.4.4	Tes penetrasi ion klorida	31
4	ANALISA DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Hasil Uji Material dan Beton	34
4.1.1	Beton terekspos pada larutan sodium klorida tanpa percepatan ...	34
4.1.2	Beton <i>fly ash</i> dengan aktivasi larutan alkali.....	36
4.2	Hasil penetrasi ion klorida pada beton terekspos pada ion klorida tanpa percepatan.....	38
4.2.1	Hasil penetrasi ion klorida selama 3 bulan	39
4.2.2	Hasil penetrasi ion klorida selama 6 bulan	46
4.2.3	Perbandingan <i>Dnssd</i> beton selama 3 bulan dan 6 bulan	53
4.3	Hasil Penetrasi Ion Klorida Pada Beton <i>Fly Ash</i> dengan Aktivasi Larutan Alkali	56
4.3.1	Hasil uji penetrasi pada beton biasa dan beton dengan menggunakan <i>fly ash</i>	56
4.3.2	Hasil uji penetrasi ion klorida pada beton dengan <i>fly ash</i> yang dioles dengan NaOH.	58
4.3.3	Hubungan <i>Dnssm</i> antar <i>mix design</i>	59
5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1	Kesimpulan	63
5.1.1	Beton terekspos di lapangan tanpa percepatan.....	63
5.1.2	Beton <i>fly ash</i> dengan aktivasi larutan alkali.....	63
	DAFTAR PUSTAKA	65
	LAMPIRAN A. ANALISA MATERIAL.....	67
	LAMPIRAN B. BETON TEREKSPOS LINGKUNGAN KLORIDA	78
	LAMPIRAN C. BETON <i>FLY ASH</i> DENGAN AKTIVASI LARUTAN ALKALI.....	96
	LAMPIRAN D. FOTO-FOTO BETON.....	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kerusakan struktur akibat korosi tulangan.....	2
Gambar 2.1. Kondisi beton di daerah maritim.....	8
Gambar 2.2. Reaksi antara semen dengan air laut	14
Gambar 2.3. Reaksi semen dengan <i>fly ash</i>	16
Gambar 2.4. Reaksi polimerisasi pada beton <i>geopolymer</i>	18
Gambar 2.5. Ikatan polimerisasi pada beton <i>geopolymer</i>	18
Gambar 2.6. Pengaruh ikatan aluminium dan silikat (bahan utama <i>fly ash</i>) pada ikatan polimer	19
Gambar 3.1. Alat tes migrasi	22
Gambar 3.2. Beton di rendam dalam larutan NaCl.....	24
Gambar 3.3. Sampel beton yang ter-penetrasi ion klorida (warna putih)	25
Gambar 3.4. Proses pengecoran beton dengan <i>fly ash</i>	27
Gambar 3.5. Cara pemotongan beton.....	27
Gambar 3.6. Sampel beton yang sudah dibungkus dengan <i>rubber slave</i> dan dikunci dengan <i>clamp</i>	28
Gambar 3.7. Sampel beton yang diletakkan pada <i>plastic support</i>	29
Gambar 3.8. Alat Tes Migrasi.....	29
Gambar 3.9. <i>Power supply</i> dengan kapasitas 30 V dan 3A	30
Gambar 3.10. <i>Multimeter</i> untuk mengukur voltase dan arus yang terjadi	30
Gambar 3.11. Sampel Beton yang sudah di belah	32
Gambar 4.1. <i>Slump test</i> pada beton <i>mix 1</i>	36
Gambar 4.2. Hubungan kuat tekan beton dengan menggunakan <i>fly ash</i>	38
Gambar 4.3. <i>Dnssd</i> pada beton dengan berbagai kondisi di tambak (3 bulan).....	40
Gambar 4.4. <i>Dnssd</i> pada beton dengan berbagai faktor air-semen di Laboratorium 3% (3bulan).....	40

Gambar 4.5. <i>Dnssd</i> pada beton dengan berbagai kondisi di Laboratorium 10% (3 bulan).....	41
Gambar 4.6. <i>Dnssd</i> pada beton dengan berbagai kondisi pada kadar garam yang berlainan selama 3 bulan ($C=350\text{kg/m}^3$).....	42
Gambar 4.7. <i>Dnssd</i> pada beton dengan berbagai kondisi pada kadar garam yang berlainan selama 3 bulan ($C=350\text{kg/m}^3$).....	42
Gambar 4.8. Korelasi antara <i>Dnssd</i> di tambak selama 3 bulan dengan <i>Dnssm</i>	43
Gambar 4.9. Korelasi antara <i>Dnssd</i> di lab 3% selama 3 bulan dengan <i>Dnssm</i>	43
Gambar 4.10. Korelasi antara <i>Dnssd</i> di lab 10% selama 3 bulan dengan <i>Dnssm</i> .	44
Gambar 4.11. Korelasi penetrasi ion klorida antara <i>Dnssm</i> dan <i>Dnssd</i> selama 3 bulan di tambak.....	44
Gambar 4.12. Korelasi penetrasi ion klorida antara <i>Dnssm</i> dan <i>Dnssd</i> selama 3 bulan di laboratorium (3%)	45
Gambar 4.13. Korelasi penetrasi ion klorida antara <i>Dnssm</i> dan <i>Dnssd</i> selama 3 bulan di laboratorium (10%)	45
Gambar 4.14. <i>Dnssd</i> pada beton dengan berbagai kondisi di tambak (6 bulan)..	48
Gambar 4.15. <i>Dnssd</i> pada beton dengan berbagai kondisi di laboratorium 3% ...	48
Gambar 4.16. <i>Dnssd</i> pada beton dengan berbagai kondisi di laboratorium 10% .	49
Gambar 4.17. <i>Dnssd</i> pada beton dengan berbagai kondisi pada kadar garam yang berlainan selama 6 bulan ($C=350\text{kg/m}^3$).....	49
Gambar 4.18. <i>Dnssd</i> pada beton dengan berbagai kondisi pada kadar garam yang berlainan selama 6 bulan ($C=400\text{kg/m}^3$).....	50
Gambar 4.19. Hubungan <i>Dnssd</i> di tambak selama 6 bulan dengan <i>Dnssm</i>	50
Gambar 4.20. Hubungan <i>Dnssd</i> di lab 3% selama 6 bulan dengan <i>Dnssm</i>	51
Gambar 4.21. Hubungan <i>Dnssd</i> di lab 10% selama 6 bulan dengan <i>Dnssm</i>	51
Gambar 4.22. Korelasi penetrasi ion klorida antara <i>Dnssm</i> dan <i>Dnssd</i> selama 6 bulan di tambak.....	52
Gambar 4.23. Korelasi penetrasi ion klorida antara <i>Dnssm</i> dan <i>Dnssd</i> selama 6 bulan di laboratorium (3%)	52
Gambar 4.24. Korelasi penetrasi ion klorida antara <i>Dnssm</i> dan <i>Dnssd</i> selama 6 bulan di laboratorium (10%)	53

Gambar 4.25. Hubungan <i>Dnssd</i> di tambak selama 3 bulan dan 6 bulan (C=350kg/m ³).....	53
Gambar 4.26. Hubungan <i>Dnssd</i> di tambak selama 3 bulan dan 6 bulan (C=400kg/m ³).....	54
Gambar 4.27. Hubungan <i>Dnssd</i> di lab 3% selama 3 bulan dan 6 bulan (C=350kg/m ³).....	54
Gambar 4.28. Hubungan <i>Dnssd</i> di lab 3% selama 3 bulan dan 6 bulan (C=400kg/m ³).....	55
Gambar 4.29. Hubungan <i>Dnssd</i> di lab 10% selama 3 bulan dan 6 bulan (C=350kg/m ³).....	55
Gambar 4.30. Hubungan <i>Dnssd</i> di lab 10% selama 3 bulan dan 6 bulan (C=400kg/m ³).....	56
Gambar 4.31. Hubungan <i>Dnssm</i> antara beton biasa dengan beton <i>fly ash</i>	57
Gambar 4.32. <i>Dnssm</i> untuk semua beton dengan aktivasi larutan NaOH	59
Gambar 4.33. <i>Dnssm</i> antara beton <i>fly ash</i> biasa dengan beton <i>fly ash</i> yang dicampur dengan NaOH.....	60
Gambar 4.34. Pengaruh coating NaOH pada <i>Dnssm</i> beton <i>fly ash</i>	60
Gambar 4.35. Pengaruh cara aplikasi NaOH pada beton <i>fly ash</i> terhadap <i>Dnssm</i>	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konsentrasi Garam Terlarut dari berbagai macam laut	11
Tabel 2.2. Kandungan maksimum ion klorida dalam beton	11
Tabel 2.3. Spesifikasi Teknis Semen Gresik.....	13
Tabel 3.1. Variasi beton untuk <i>mix design</i>	23
Tabel 3.2. <i>Mix design</i> beton tanpa <i>fly ash</i>	23
Tabel 3.3. Variasi <i>mix design</i> beton menggunakan percepatan	26
Tabel 3.4. Voltase tes dan durasi untuk spesimen beton dengan kandungan semen	31
Tabel 4.1. Mix Design Beton terekspos pada ion klorida tanpa percepatan	35
Tabel 4.2. Kuat tekan beton terekspos tanpa percepatan	36
Tabel 4.3. <i>Mix design</i> menggunakan <i>fly ash</i>	37
Tabel 4.4. Kuat tekan beton dengan menggunakan <i>fly ash</i>	37
Tabel 4.5. Penetrasi ion klorida pada beton (3 bulan).....	39
Tabel 4.6. Hasil <i>Dnssd</i> untuk waktu 6 bulan	47
Tabel 4.7. <i>Dnssm</i> pada beton biasa	56
Tabel 4.8. <i>Dnssm</i> pada beton dengan menggunakan <i>fly ash</i>	57
Tabel 4.9. <i>Dnssm</i> pada beton dengan menggunakan <i>fly ash</i> dan NaOH.....	58
Tabel 4.10. <i>Dnssm</i> pada beton menggunakan <i>fly ash</i> yang dioles dengan NaOH	58

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. ANALISA MATERIAL.....	67
LAMPIRAN B. BETON TEREKSPOS LINGKUNGAN KLORIDA.....	78
LAMPIRAN C. BETON FLY ASH DENGAN AKTIVASI LARUTAN ALKALI.....	96
LAMPIRAN D. FOTO-FOTO BETON.....	105