

TUGAS AKHIR

**EVALUASI *PERFORMANCE SELF-HEALING* BETON *FLY ASH* YANG
KOROSI MENGGUNAKAN *NDT METHOD***



Disusun Oleh:

Riska Amalia

20200110069

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2024

TUGAS AKHIR

EVALUASI *PERFORMANCE SELF-HEALING* BETON *FLY ASH* YANG KOROSI MENGGUNAKAN *NDT METHOD*

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik di
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:
Riska Amalia
20200110069

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Riska Amalia

NIM : 20200110069

Judul : Evaluasi *Performance Self-Healing* Beton *Fly Ash* yang
Korosi Menggunakan *NDT Method*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, Maret 2024

Yang membuat pernyataan



Riska Amalia

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Riska Amalia

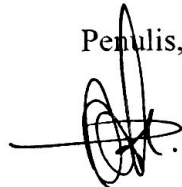
NIM : 20200110069

Judul : Evaluasi *Performance Self-Healing* Beton *Fly Ash* yang Korosi Menggunakan *NDT Method*

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Analisis Beton Geopolimer Menggunakan NDT Method dan didanai melalui skema hibah pada tahun 2023/2024 oleh Universitas Muhammadiyah Yogyakarta tahun anggaran 2023/2024 dengan nomor hibah 50/R-LRI/XII/2023.

Yogyakarta, Maret 2024

Penulis,



Riska Amalia

Dosen Peneliti,



Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph. D

Dosen Anggota Peneliti 1,



Dr. Seplika Yadi, S.T., M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, rahmat dan hidayah, sehingga saya masih diberikan kesempatan untuk menyelesaikan tugas akhir ini, sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Walaupun jauh dari kata sempurna, namun saya bangga telah berjuang sejauh ini dan dapat menyelesaikan tugas akhir.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

Bapak Adim Syaifuloh dan Ibu Yuliati Tercinta

Alhamdulillah rabbi 'alamin, saya ucapkan terima kasih kepada bapak dan ibu yang telah memberikan doa, nasihat, material, serta dukungan yang tidak ada hentinya. Selalu menjadi rumah berkeluh kesah, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan studi di bangku kuliah.

Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph. D

Saya ucapkan terima kasih banyak kepada bapak selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan ilmu, nasihat, waktunya untuk membimbing saya, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik, dan juga semua jasa yang telah bapak berikan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Galih Rizki Ramadhan

Untuk adiku tersayang, terimakasih atas segala dukungan, menjadi penghibur dan teman saat saya mengalami kesuntukan dalam menjalani kuliah. Terimakasih atas tingkah lakumu yang selalu membuat kakak tertawa dan bahagia.

NIM 20200110053

Untuk kamu yang telah menjadi teman dalam menjalani dan menghadapi Tugas Akhir, saya ucapkan terimakasih atas segala hal yang telah dilakukan terutama kehadiran dan dukungan, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir, semoga kita selalu diberikan kelancara dan kemudahan dalam menghadapi segala hal.

Salma, Ainun, Putri tercinta

Terima kasih telah menjadi teman terbaik senang maupun susah dalam menjalankan perkuliahan, yang selalu mendukung satu sama lain.

Tim tugas akhir: salma, restu, arfa, arif, ferdi, yasin

Terima kasih sudah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir, dengan segala esmosi dan kerja sama yang telah dilakukan, sehingga dapat melewati Tugas Akhir.

PRAKATA

الرَّحْمَنُ الرَّحِيمُ اللهُ بِسْمِ

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menempuh Pendidikan Strata 1 (S1) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selama penyusunan tugas akhir ini telah melewati berbagai macam proses sehingga dapat terselesaikan. Tentunya banyak pihak yang berperan dalam menjalani proses. Pada kesempatan kali ini, penyusun ingin menyampaikan terima kasih atas segala bimbingan, petunjuk, dan saran hingga terselesaikan tugas akhir ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. As'at Pujianto. M.T., IPM., ASEAN Eng selaku dosen penguji.
4. Kedua orang tua yang telah memberi dukungan secara moril maupun materil.
5. Semua pihak yang telah membantu sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

Penyusun menyadari bahwa di dalam skripsi ini masih banyak kekurangannya, untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membantu untuk karya kedepan lebih baik. Akhir kata, semoga tugas akhir ini berguna bagi pembaca semua, Terima Kasih.

Yogyakarta, Maret 2024

Riska Amalia

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xix
DAFTAR SINGKATAN	xx
DAFTAR ISTILAH	xxi
ABSTRAK.....	xxii
<i>ABSTRACT</i>	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	14
2.2 Landasan Teori.....	17
2.2.1 Beton.....	17
2.2.2 Beton Bertulang	18
2.2.3 <i>Fly Ash</i> (Abu Terbang).....	19

2.2.4	<i>Self-Healing Concrete</i>	19
2.2.5	Bakteri <i>Bacillus Subtilis</i>	19
2.2.6	Material Penyusun Beton Bertulang.....	20
2.2.7	Pengujian Material.....	21
2.2.8	<i>Mix Design</i>	24
2.2.9	Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	24
2.2.10	Korosi.....	25
2.2.11	Akselerasi Korosi.....	26
2.2.12	<i>Non-destructive Testing (NDT)</i>	27
2.2.13	Kuat tekan beton.....	29
2.2.14	Kuat lentur beton.....	29
2.2.15	Pola Keruntuhan Beton.....	30
2.2.16	<i>Microstructure Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	31
BAB III METODE PENELITIAN.....		33
3.1	Material Penelitian.....	33
3.2	Alat.....	37
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	49
3.4	Tahap Penelitian.....	49
3.4.1	Studi Pustaka.....	50
3.4.2	Persiapan Alat dan Bahan.....	51
3.4.3	Pengujian Material.....	51
3.4.4	<i>Mix Design</i> Beton.....	52
3.4.5	Pembuatan Benda Uji.....	53
3.4.6	Pengujian <i>Slump</i>	54
3.4.7	Proses <i>Curing</i>	55
3.4.8	Proses Akselerasi Korosi.....	55

3.4.9	Pengujian <i>Non-destructive Testing (NDT)</i>	56
3.4.10	Pengujian Kuat Tekan Beton	58
3.4.11	Pengujian Kuat lentur beton	59
3.4.12	Pengujian <i>Microstructure Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	59
3.4.13	Proses <i>self healing concrete</i>	60
3.5	Analisis dan Pembahasan.....	60
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		61
4.1	Pengujian Agregat Halus	61
4.1.1	Pengujian Gradasi Butiran Agregat Halus	61
4.1.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir	62
4.1.3	Pengujian Kadar Lumpur Pasir.....	62
4.2	Pengujian Agregat Kasar	62
4.2.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Kerikil.....	63
4.2.2	Pengujian Kadar Lumpur Kerikil	63
4.2.3	Pengujian Keausan Kerikil	63
4.3	Pengujian <i>Microstructure Raw Material</i>	63
4.4	<i>Mix Design</i> Beton	65
4.5	Pengujian <i>Slump</i> Beton.....	66
4.6	Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder.....	67
4.7	Pengujian Akselerasi Korosis	70
4.7.1	Laju Arus Korosi Benda Uji	70
4.7.2	Keretakan Akibat Akselelerasi Korosi.....	73
4.7.3	Kehilangan Massa Tulangan.....	75
4.7.4	Perbandingan Diameter Tulangan Akibat Korosi	78
4.8	Hasil Pengujian <i>Resistivity</i>	80

4.8.1	Pengaruh Penggunaan <i>Fly Ash</i> Terhadap Resistivitas Beton Sebelum Korosi	85
4.8.2	Pengaruh Durasi Akselerasi Korosi Terhadap <i>Resistivity</i>	86
4.8.3	Perbandingan Nilai <i>Resistivity</i> Sebelum Dan Sesudah Terkorosi.....	87
4.9	Hasil Pengujian <i>Impact Echo</i>	88
4.9.1	Perbandingan Frekuensi Rata-Rata Benda Uji Sebelum dan Sesudah Terkorosi	90
4.9.2	Perbandingan Frekuensi Benda Uji Pada Setiap Jarak Sensor Sebelum dan Sesudah Terkorosi	91
4.10	Pengujian Kuat Lentur	92
4.11	Hasil Pengujian <i>microstructure</i> SEM	94
4.12	Hubungan Pengujian <i>Resistivity</i> dan <i>Impact Echo</i>	96
4.12.1	Hubungan Tingkat korosi dengan durasi korosi	96
4.12.2	Hubungan Tingkat Korosi dengan Kuat Lentur Beton	97
4.12.3	Hubungan Tingkat Korosi dengan Nilai <i>Resistivity</i> Beton	98
4.12.4	Hubungan Tingkat Korosi Dengan Nilai <i>Impact Echo</i>	99
4.12.5	Hubungan Antara <i>Impact Echo</i> Dan <i>Resistivity</i> Pada Beton Terkorosi ..	100
4.13	Pola Keruntuhan Beton	101
4.13.1	Retak Silinder Beton	101
4.13.2	Retak Balok Beton	103
4.14	Proses <i>Self Healing</i> Beton.....	105
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		110
5.1	Kesimpulan	110
5.2	Saran	111
DAFTAR PUSTAKA		112
LAMPIRAN.....		119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ukuran sampel untuk mendeteksi efek ukuran (Feng et al., 2023).....	7
Gambar 2.2 Susunan tulangan dan ukuran benda uji (mm) (Ratnayake dan Nanayakkara, 2018)	8
Gambar 2.3 <i>Sealing time vs crack width</i> (Ratnayake dan Nanayakkara, 2018)	9
Gambar 2.4 <i>Normalized sealing time variation for different FA mixes</i> (Ratnayake dan Nanayakkara, 2018).....	10
Gambar 2. 5 Grafik perbandingan resistivitas rata-rata (a) Benda uji C, (b) Benda uji H, dan (c) Benda uji (Zaki et al., 2024)	13
Gambar 2.6 Skema korosi baja tulangan dalam beton yang mengalami korosi (Zaki et al., 2018).....	25
Gambar 2.7 Skema akselerasi korosi (Ikhsanto, 2020).....	26
Gambar 2.8 Skema pengujian <i>Resistivity</i> (Zaki et al., 2015).	27
Gambar 2.9 Skema pengujian <i>Impact Echo</i> (Zaki et al., 2015).	28
Gambar 2. 10 Skema pengujian kuat lentur (Badan Standardisasi Nasional, 2014)	30
Gambar 2. 11 Pola retak silinder beton (a) <i>cone</i> , (b) <i>cone and split</i> , (c) <i>cone and shear</i> , (d) <i>shear</i> , dan (e) <i>columnar</i> (ASTM C09:2014).....	31
Gambar 2. 12 Skema retak (a) <i>flexural crack</i> , (b) <i>flexural shear crack</i> , dan (c) <i>web shear crack</i> (Ubaidillah dan Djati, 2022).....	31
Gambar 3.1 Agregat kasar (kerikil).....	33
Gambar 3.2 Agregat halus (pasir)	33
Gambar 3.3 Semen	34
Gambar 3.4 Air.....	34
Gambar 3.5 Besi tulangan	35
Gambar 3.6 <i>Fly ash</i>	35
Gambar 3.7 Oli.....	35
Gambar 3.8 Bakteri <i>bacillus subtilis</i>	36
Gambar 3. 9 Garam (<i>Nacl</i>).....	36
Gambar 3. 10 Gel konduktif	37

Gambar 3. 11 <i>Sealent</i>	37
Gambar 3.12 Saringan/ayakan	38
Gambar 3.13 Timbangan digital.....	38
Gambar 3.14 Jangka sorong	38
Gambar 3.15 Erlenmayer	39
Gambar 3.16 Nampan	39
Gambar 3.17 Oven	40
Gambar 3.18 Meteran.....	40
Gambar 3.19 Cetok	40
Gambar 3.20 Gergaji besi	41
Gambar 3.21 Gelas ukur	41
Gambar 3.22 <i>Sieve shaker machine</i>	42
Gambar 3.23 <i>Bekisting</i> atau cetakan	42
Gambar 3.24 <i>Mini concrete mixer</i>	43
Gambar 3.25 Kerucut <i>Abrams</i> dan batang penumbuk	43
Gambar 3.26 Alas baja	44
Gambar 3.27 Mesin <i>los angeles</i>	44
Gambar 3.28 Kotak <i>styrofoam</i>	45
Gambar 3.29 <i>Micro-computer universal testing mechine</i>	45
Gambar 3.30 <i>Concrete compression mechine</i>	46
Gambar 3.31 <i>DC power supply</i>	46
Gambar 3.32 Bak Perendam	46
Gambar 3.33 <i>Bekisting</i> silinder	47
Gambar 3. 34 Alat uji resistivitas beton	47
Gambar 3. 35 Alat uji <i>Impact Echo</i>	48
Gambar 3. 36 Penggaris Retak.....	48
Gambar 3. 37 Alat SEM-EDX	48
Gambar 3. 38 Bagan alir penelitian.....	49
Gambar 3. 39 Benda uji (a) balok dan (b) silinder.....	54
Gambar 3. 40 Ilustrasi pengujian <i>slump</i>	54
Gambar 3.41 Ilustrasi akselerasi korosi	55

Gambar 3. 42 Skema pembagian sisi untuk uji <i>Resistivity</i> (a) Tanpa katas dan (b) tampak samping	56
Gambar 3. 43 Ilustrasi sensor IE dengan jarak (a) 5 cm (b) 10 cm (c) 15 cm dan (d) 20 cm	57
Gambar 3. 44 Hasil tangkapan layar pada jarak pukulan ke sensor 5 cm.....	58
Gambar 3. 45 Pengujian kuat tekan	58
Gambar 3.46 Pengujian kuat lentur.....	59
Gambar 4. 1 Grafik hasil pengujian gradasi Daerah	62
Gambar 4. 2 SEM-EDX <i>Fly ash</i>	64
Gambar 4. 3 SEM-EDX Semen	64
Gambar 4. 4 Nilai slump benda uji (cm).....	67
Gambar 4. 5 Hasil uji kuat tekan beton silinder.....	69
Gambar 4. 6 Proses pengujian akselerasi korosi	70
Gambar 4. 7 Grafik laju arus korosi pada durasi (a) 48 jam (b) 96 jam dan (c) 168 jam.....	71
Gambar 4. 8 Akselerasi korosi gabungan.....	72
Gambar 4. 9 Keretakan beton setelah akselerasi korosi dengan durasi 168 jam ..	73
Gambar 4. 10 Lebar retak benda uji (a) sisi kiri dan (b) sisi kanan	74
Gambar 4. 11 Tulangan setelah dilepas dari beton.....	76
Gambar 4. 12 Hasil uji korosi	77
Gambar 4. 13 Perbandingan kehilangan luas penampang pada durasi (a) 48 jam (b) 96 jam dan (c) 168 jam.....	78
Gambar 4. 14 Grafik korelasi tingkat korosi dan pengurangan luas penampang .	80
Gambar 4. 15 Contoh benda uji pada pengujian <i>resistivity</i>	80
Gambar 4. 16 Hasil pengujian <i>Resistivity</i> sebelum korosi berdasarkan presentase FA.....	86
Gambar 4. 17 Hasil uji <i>Resistivity</i> akibat waktu akselerasi korosi	87
Gambar 4. 18 Grafik perbandingan nilai <i>Resistivity</i> sebelum dan sesudah korosi	88
Gambar 4. 19 Contoh benda uji pada pengujian <i>Impact Echo</i>	88
Gambar 4. 20 Perbandingan rata-rata frekuensi sebelum dan sesudah korosi.....	91
Gambar 4. 21 Grafik <i>Impact Echo</i> jarak sensor (a) 5 cm, (b) 10 cm, (c) 15 cm, dan (d) 20 cm	92

Gambar 4. 22 Grafik pengujian kuat lentur	94
Gambar 4. 23 Hasil Pengujian SEM (a) BN2 dan (b) FA R6b	94
Gambar 4. 24 Grafik korelasi tingkat korosi dengan durasi korosi	97
Gambar 4. 25 Grafik hubungan tingkat korosi dengan kuat lentur.....	97
Gambar 4. 26 Grafik korelasi nilai kuat lentur dengan tingkat korosi.....	98
Gambar 4. 27 Grafik hubungan tingkat korosi dan nilai <i>esistivity</i>	99
Gambar 4. 28 Grafik hubungan tingkat korosi dengan frekuensi <i>Impact Echo</i> ..	100
Gambar 4. 29 Hubungan frekuensi dengan nilai <i>Resistivity</i>	101
Gambar 4. 30 Pola keretakan beton <i>fly ash</i> 20% (a) FA R1s, (b) FA R2s, dan (c) FA R3s.....	101
Gambar 4. 31 Pola keretakan beton <i>fly ash</i> 30% (a) FA R4s, (b) FA R5s, dan (c) FA R6s.....	102
Gambar 4. 32 Pola keretakan beton <i>fly ash</i> 40% (a) FA R7s, (b) FA R8s, dan (c) FA R9s.....	102
Gambar 4. 33 Pola keretakan beton normal (a) BN1, (b) BN2, dan (c) BN3	103
Gambar 4. 34 Pola keruntuhan beton <i>fly ash</i> 20% (a) FA R1b, (b) FA R2b, dan (c) FA R3b	103
Gambar 4. 35 Pola keruntuhan beton <i>fly ash</i> 30% (a) FA R4b, (b) FA R5b, dan (c) FA R6b	104
Gambar 4. 36 Pola keruntuhan beton <i>fly ash</i> 40% (a) FA R7b, (b) FA R8b, dan (c) FA R9b	104
Gambar 4. 37 Pola keruntuhan beton normal (a) BN1, (b) BN2, dan (c) BN3... ..	105
Gambar 4. 38 Proses <i>self healing</i> benda uji FA R1b (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, dan (d) 28 hari.....	105
Gambar 4. 39 Proses <i>self healing</i> benda uji FA R2b (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, dan (d) 28 hari.....	106
Gambar 4. 40 Proses <i>self healing</i> benda uji FA R3b (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, dan (d) 28 hari.....	106
Gambar 4. 41 Proses <i>self healing</i> benda uji FA R4b (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, dan (d) 28 hari.....	107
Gambar 4. 42 Proses <i>self healing</i> benda uji FA R5b (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, dan (d) 28 hari.....	107

Gambar 4. 43 Proses <i>self healing</i> benda uji FA R6b (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, dan (d) 28 hari.....	107
Gambar 4. 45 Proses <i>self healing</i> benda uji FA R7b (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, dan (d) 28 hari.....	108
Gambar 4. 46 Proses <i>self healing</i> benda uji FA R8b (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, dan (d) 28 hari.....	108
Gambar 4. 47 Proses <i>self healing</i> benda uji FA R9b (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, dan (d) 28 hari.....	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Normalized sealing time</i>	9
Tabel 2.2 Perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang	14
Tabel 2. 3 <i>Chloride penetrability classification</i> (Ardani, 2013)	28
Tabel 3. 1 <i>Mix design</i> variasi bakteri <i>bacillus subtilis</i>	53
Tabel 4. 1 Analisis gradasi butiran agregat halus	61
Tabel 4. 2 Proporsi <i>mix design</i> per 1 m ³	65
Tabel 4. 3 Proporsi <i>mix design</i> per benda uji	66
Tabel 4. 4 Nilai uji <i>slump</i> benda uji	67
Tabel 4. 5 Hasil pengujian kuat tekan beton	68
Tabel 4. 6 Lebar retak korosi.....	74
Tabel 4. 7 Perhitungan estimasi kehilangan massa tulangan	75
Tabel 4. 8 Hasil kehilangan massa aktual	76
Tabel 4. 9 Hasil pengujian <i>resistivity</i> sebelum korosi	81
Tabel 4. 10 Hasil pengujian <i>resistivity</i> sesudah korosi.....	83
Tabel 4. 12 Nilai pengujian <i>impact echo</i> sebelum dan sesudah akselerasi korosi	89
Tabel 4. 13 Hasil pengujian kuat lentur beton balok terkorosi	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian gradasi butiran agregat halus	119
Lampiran 2 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	121
Lampiran 3 Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	124
Lampiran 4 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	125
Lampiran 5 Pengujian kadar lumpur agregat kasar.....	128
Lampiran 6 Pengujian keausan agregat kasar	129
Lampiran 7 Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton ACI 211.1 – 91	130
Lampiran 8 Data pembacaan arus akselerasi korosi	134
Lampiran 9 Pengukuran lebar retak benda uji	143
Lampiran 10 Perbandingan Diameter Tulangan	147
Lampiran 11 Hasil pengujian <i>impact echo</i>	150

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
F'_c	$[M] [L^{-2}]$	Kuat Tekan
A	$[L^2]$	Luas efektif
Δm	$[M^2]$	Selisih massa
P	$[M]$	Beban Maksimum
V	$[L^3]$	Volume
P	$[L]$	Beban maksimum
L	$[L]$	Panjang bentang
b	$[L]$	Lebar balok
d	$[L]$	Tinggi balok

DAFTAR SINGKATAN

MHB	= Modulus Halus Butir
SNI	= Standar Nasional Indonesia
BSN	= Badan standarisasi Nasional
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
ACI	= <i>American Concrete Institute</i>
ASTM	= <i>American Standard Testing Material</i>
MPa	= Mega Pascal
NDT	= <i>Non-Destructive Testing</i>
IE	= <i>Impact Echo</i>
FA	= <i>Fly ash</i>
SEM	= <i>Scanning electron microscope</i>
SEM EDX	= <i>Scanning electron microscope-energy dispersive X-ray</i>
NaCl	= <i>Natrium Chloride</i>
N	= Newton
Kn	= Kilo Newton
BN	= Beton Normal
FA R1b	= <i>Fly Ash R1 Beton balok</i>
FA R1s	= <i>Fly Ash R1 Beton silinder</i>
FA	= <i>Fly ash</i>
NaCl	= Natrium Klorida

DAFTAR ISTILAH

1. *Slump*
Metode pengukuran untuk mengetahui tingkat kelecakan pada beton segar.
2. *Mix design*
Perancangan yang dilakukan sebelum pembuatan beton segar dengan merencanakan material dan proporsi yang digunakan dengan mutu yang ditentukan.
3. *Curing*
Perawatan pada beton yang telah mengeras untuk menjaga kelembapan supaya tidak mengalami keretakan karena proses penguapan terlalu cepat yang berakibat pada penurunan kekuatan.
4. *Optimum*
Proporsi terbaik yang digunakan pada sebuah campuran.
5. *Non-destructive Testing*
Metode pengecekan kualitas beton tanpa merusak struktur.
6. *Resistivity*
Metode pengecekan kualitas pada beton dengan alat yang disambungkan pada arus listrik.
7. *Impact Echo*
Metode pengecekan kualitas pada beton dengan menggunakan pukulan yang menghasilkan gelombang.
8. *Akselerasi Korosi*
Proses percepatan korosi pada tulangan dengan menggunakan bantuan alat.
9. *Self Healing concrete*
Metode perbaikan pada beton yang mengalami keretakan menggunakan bakteri sebagai komponen utama perbaikan.
10. *Durability*
Ketahanan suatu bahan atau material untuk mempertahankan kondisi dan kinerja selama periode waktu lama dalam kondisi penggunaan normal.
11. Mikrostruktur
Struktur yang sangat kecil sehingga hanya bisa diamati menggunakan alat pengamat.