

**EVALUASI METAKAOLIN PADA *SELF-HEALING* BETON 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:

Faisal Nouvandi

20200110048

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Faisal Nouvandi
NIM : 20200110048
Judul : Evaluasi Metakaolin pada *Self-Healing* Beton yang
Korosi Menggunakan *NDT Method*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul “Evaluasi Metakaolin pada *Self-Healing* Beton yang Korosi 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, 22 Juli2024

Penulis,



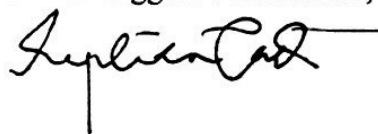
Faisal Nouvandi

Dosen penelitian,



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

Dosen Anggota Penelitian 1,



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil'Alamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tidak lupa shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi kemudahan dan kelancaran dalam mengerjakan Tugas Akhir.
2. Ayah dan Ibu tercinta, atas kasih sayang, doa dan dukungan yang tak terhingga selama ini. Terima kasih atas pengorbanan dan dedikasinya yang telah mengantarkan saya hingga ke tahap ini.
3. Bapak Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc, Ph.D yang telah memberikan bimbingan Tugas Akhir dengan keiklasan dan kesabaran sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
4. Tim tugas akhir yang sangat membantu saya selama proses penelitian dari awal hingga akhirnya saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terimakasih telah memberikan semangat, dukungan, dan doa sehingga senantiasa diberikan kelancaran dalam setiap urusan yang saya kerjakan.
6. Diri sendiri yang akhirnya mampu melewati segala proses hingga selesainya Tugas Akhir ini

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa evaluasi metakaolin pada *self-healing* beton yang korosi menggunakan *NDT method*.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Ir. Puji Harsanto, S.T.,M.T.,Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Ahmad Zaki, S.T.,M.Sc.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ir. As'at Pujiyanto. M.T., IPM. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Kedua Orang Tua dan Keluarga saya yang telah memberi doa serta dukungan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

Wallahu a'lam bi Showab.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 20 Maret 2024

Penyusun

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	1
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
INTISARI.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.1.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Dasar Teori	32
2.2.1 Beton	32
2.2.2 Beton Bertulang	32
2.2.3 Beton Serat.....	32
2.2.4 Beton Mutu	32
2.2.5 Bahan Penyusun Beton	33
2.2.7 Metakaolin.....	36
2.2.8 <i>Self-healing</i> Concrete.....	36
2.2.9 Bakteri <i>Bacillus Subtilis</i>	37
2.2.10 Pemeriksaan Agregat.....	38
2.2.11 <i>Fresh Properties</i>	42
2.2.12 <i>Hardened Properties</i>	42
2.2.13 Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	47
2.2.14 Umur Beton.....	47
2.2.15 Korosi.....	47
2.2.16 <i>Resistivity</i>	51
2.2.17 <i>IMPact-Echo</i>	52

2.2.18	<i>Density</i>	53
2.2.19	Daktilitas pada beton.....	53
2.2.20	Kekakuan pada beton	53
2.2.21	Defleksi pada beton.....	54
2.2.22	Keruntuhan Balok Beton.....	54
BAB III METODE PENELITIAN.....		57
3.1	Bahan Atau Materi Penelitian.....	57
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	70
3.3	Tahapan Penelitian.....	71
3.3.1	Studi Literatur	72
3.3.2	Persiapan Alat dan Bahan.....	72
3.3.3	Pengujian Bahan.....	73
3.3.4	<i>Mix Design</i> Beton.....	75
3.3.5	Pembuatan Benda Uji.....	76
3.3.6	Pengujian Slump	76
3.3.7	Curing.....	77
3.3.8	Pengujian Resistivity dan IMPact Echo.....	77
3.3.9	Akselerasi Korosi	78
3.3.10	Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur	79
3.3.11	Analisis Data	80
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		81
4.1	Hasil Pengujian Agregat Halus.....	81
4.1.1	Analisis Gradasi Butiran Agregat Halus.....	81
4.1.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	82
4.1.3	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	82
4.1.4	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	82
4.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar	82
4.2.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	82
4.2.2	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.....	83
4.2.3	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	83
4.2.4	Pengujian Keausan Agergat Kasar	83
4.3	<i>Mix Design</i>	83
4.4	Hasil Uji Slump	85
4.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	85

4.5	Hasil Pengujian Akselerasi Korosi.....	87
4.6.2	Hubungan Tingkat Korosi dengan Durasi Korosi (jam)	94
4.6	Hasil Pengujian <i>Resistivity</i>	95
4.6.1	Pengaruh Nilai <i>Resitivity</i> sebelum dan sesudah korosi.....	99
4.6.2	Hubungan antara <i>resistivity</i> dengan tingkat korosi	100
4.7	Hasil Pengujian <i>IMPact-Echo</i>	101
4.7.1	Perbandingan Kualitas Frekuensi Pengujian Pada Setiap Jarak sensor	101
4.7.2	Perbandingan Hasil Gelombang Sebelum dan Sesudah Korosi....	104
4.7.3	Hubungan antara Frekuensi <i>IMPact Echo</i> dengan Tingkat Korosi	105
4.7.4	Hubungan antara frekuensi <i>iMPact echo</i> dengan <i>resisitvity</i>	106
4.9	Hasil Pengujian Kuat lentur	106
4.9.1	Hubungan nilai kuat lentur dengan tingkat korosi	108
4.9.2	Hubungan nilai kuat lentur dengan nilai <i>Resitivity</i>	108
4.9.3	Hubungan antara <i>Resistivity</i> , kuat lentur dan <i>iMPact echo</i>	109
4.10	Pola Keruntuhan Balok Beton	110
4.11	Proses <i>Self-healing Concrete</i>	113
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		119
5.1	Kesimpulan.....	119
DAFTAR PUSTAKA		xxi
LAMPIRAN.....		xxv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil Kekuatan Lentur Sampel Setelah Penyembuhan	7
Gambar 2. 2 Persentase Pemulihan Kekuatan Lentur Sampel Sembuh dan Tidak Sembuh (Tanyildizl et al., 2022)	7
Gambar 2. 3 Hasil UPV Mortar Geopolimer Berbasis Metakaolin	7
Gambar 2. 4 OCP versus SHE untuk mortar normal tidak retak dan retak (semua grafik), kontrol positif tidak retak dan retak yang mengandung kimia nitrit sebagai inhibitor korosi (De Belie et al., 2019)	9
Gambar 2. 5 Self-healing mortar tidak retak dan retak	9
Gambar 2. 6 Self-healing mortar yang tidak retak dan retak	10
Gambar 2. 7 Permukaan spesimen MFA-EGC setelah preloading	11
Gambar 2. 8 Kurva tegangan-regangan tarik uniaksial dari spesimen MFA-EGC yang dimuat sebelumnya dan dimuat ulang (no-tasi menunjukkan “Preloading age-Healing condition-Preloaded strain-Preloading (pre)/reloading (re)”); usia tes reload: usia preloading + waktu penyembuhan 20 hari (Kan et al., 2019)	12
Gambar 2. 9 Pengaruh berbagai kombinasi MK dan NS terhadap kuat tekan beton yang ditentukan pada umur yang berbeda (Shafiq et al., 2019)	13
Gambar 2. 10 Kuat tekan beton sebelumnya pada umur 7, 14, dan 28 hari	15
Gambar 2. 11 Indeks aktivitas kekuatan beton tembus pada 7, 14, dan 28 hari ...	15
Gambar 2. 12 <i>Tes Slump Cone</i> (Alam et al., 2022)	16
Gambar 2. 13 5% Kandungan GGBS (Alam et al., 2022)	17
Gambar 2. 14 10% Kandungan GGBS (Alam et al., 2022)	17
Gambar 2. 15 15% Kandungan GGBS (Alam et al., 2022)	17
Gambar 2. 16 Perbandingan Kuat Tekan 7 dan 28 Hari (Elson dan George, 2016)	19
Gambar 2. 17 Kekuatan tarik terpisah (Elson dan George, 2016)	19
Gambar 2. 18 Kekuatan lentur (Elson dan George, 2016)	20
Gambar 2. 19 Nilai-k kuat tekan ultimate dari spesimen kubus (a) kuat tekan pada 7 hari dan (b) kuat tekan pada 28 hari (Wang et al., 2021)	23
Gambar 2. 20 Difraktogram zona kontak sistem model “batu semen – batang basal”. Komposisi semen: 1 – “semen Portland+batang basal” sebelum hidrasi; 2 – “semen Portland+batang basal+air” setelah hidrasi; 3 – “semen Portland+metakaolin+batang basal” sebelum hidrasi; 4 – “Semen Portland+metakaolin+ batang basal+air” setelah hidrasi; 5 – “semen Portland + batang basal + natrium silikat” setelah hidrasi; 6 – “Semen Portland+metakaolin+basal rod+sodium silicate” setelah hidrasi	24
Gambar 2. 21 Representasi skematis dari kemajuan reaksi "metakaolin silika alkali-aktif" (Kovalchuk, 2019)	25
Gambar 2. 22 Variasi kuat tekan terhadap persentase metakaolin	28
Gambar 2. 23 Variasi kuat tekan terhadap kekuatan tarik belah	28
Gambar 2. 24 Variasi kuat tekan terhadap modulus elastisitas	28

Gambar 2. 25 Mekanisme penyembuhan diri yang konkrit dan potensi tingkat penyembuhan dari beberapa sistem penyembuhan diri yang paling banyak digunakan (Roig-Flores, Formagini et al. 2021).....	37
Gambar 2. 26 Pembentukan kalsium karbonat pada dinding sel bakteri (Prayuda 2020)	38
Gambar 2. 27 Skema pengujian kuat lentur dengan beban terpusat (SNI, 2008a)	44
Gambar 2. 28 Skema pengujian kuat lentur	44
Gambar 2. 29 Retakan pada lokasi pusat (SNI, 2008a)	45
Gambar 2. 30 Retakan berlokasi diluar bagian pusat (SNI, 2008a)	46
Gambar 2. 31 Reaksi pada Tulangan (Broomfield 2023).....	49
Gambar 2. 32 Proses Pengikisan Lapisan Pasif oleh Klorida (Broomfield 2023).	50
Gambar 2. 33 Metode Akselerasi Korosi (Su, Wu et al. 2022)	50
Gambar 2. 34 Konsep pengujian resistivity (Zaki, Chai et al. 2015).....	52
Gambar 2. 35 Skema konfigurasi pengujian uji <i>iMPact-echo</i> (ASTM 2009)	52
Gambar 2. 36 Contoh kurva beban-defleksi (Kawasaki dkk. , 2014).....	54
Gambar 2. 37 Keruntuhan lentur (Nawy, Surjaman et al. 1990).....	55
Gambar 2. 38 Keruntuhan tekan geser (Nawy, Surjaman et al. 1990).....	55
Gambar 2. 39 Keruntuhan tarik diagonal (Nawy, Surjaman et al. 1990).....	56
Gambar 3. 1 Agregat Kasar	57
Gambar 3. 2 Agregat Halus	57
Gambar 3. 3 Semen	58
Gambar 3. 4 Air.....	58
Gambar 3. 5 Besi Tulangan.....	59
Gambar 3. 6 Sodium Chloride (NaCl)	59
Gambar 3. 7 Metakaolin.....	60
Gambar 3. 8 Bakteri <i>bacillus subtilis</i>	60
Gambar 3. 9 Gel Konduktif.....	61
Gambar 3. 10 Kerucut <i>Abrams</i>	61
Gambar 3. 11 Batang Penusuk	62
Gambar 3. 12 Alas Baja	62
Gambar 3. 13 Cetakan Benda Uji	63
Gambar 3. 14 Concrete Mixer.....	63
Gambar 3. 15 Alat Timbangan Digital	63
Gambar 3. 16 Mesin Los Angeles	64
Gambar 3. 17 Penggaris	64
Gambar 3. 18 Sendok Semen	65
Gambar 3. 19 Bak Perendam	65
Gambar 3. 20 <i>Styrofoam</i>	65
Gambar 3. 21 Oven	66
Gambar 3. 22 Sieve Shaker	66
Gambar 3. 23 Ayakan/Saringan.....	67
Gambar 3. 24 DC <i>Power Supply</i>	67
Gambar 3. 25 Universal Machine Test.....	67
Gambar 3. 26 <i>Concrete Compression Machine</i>	68
Gambar 3. 27 Gelas Ukur.....	68

Gambar 3. 28 Gergaji Besi.....	68
Gambar 3. 29 Jangka Sorong	69
Gambar 3. 30 Tabung Erlenmeyer	69
Gambar 3. 31 Kabel Listrik.....	69
Gambar 3. 32 <i>Resistivity</i>	70
Gambar 3. 33 <i>IMPact-echo</i>	70
Gambar 3. 34 Alur Penelitian.....	71
Gambar 3. 35 flowchart Perilaku terhadap bakteri	72
Gambar 3. 36 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air agregat Kasar.....	73
Gambar 3. 37 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	74
Gambar 3. 38 Pengujian Kadar air agregat	74
Gambar 3. 39 Pengujian Kadar Lumpur	74
Gambar 3. 40 Pengujian Keausan	75
Gambar 3. 41 Dimensi Benda uji balok	76
Gambar 3. 42 Dimensi benda uji silinder.....	76
Gambar 3. 43 Ilustrasi Pengujian <i>Resistivity</i> (Zaki, Chai et al. 2015)	77
Gambar 3. 44 Ilustrasi pengujian <i>iMPact-echo</i> (ASTM 2009).....	78
Gambar 3. 45 Skema Pengujian akselerasi korosi	79
Gambar 3. 46 Skema pengujian akselerasi korosi	79
Gambar 3. 47 Pengujian Kuat Tekan	79
Gambar 3. 48 Skema Pengujian Kuat Lentur.....	80\
Gambar 4. 1 Grafik hasil gradasi daerah 2.....	82
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan hasil uji kuat tekan	86
Gambar 4. 3 Benda uji setelah pengujian kuat tekan (a) V1 A B C, (b) V2 A B C, (c) V3 A B C (lanjutan)	87
Gambar 4. 4 Grafik akselerasi korosi 5% selama 48 jam	88
Gambar 4. 5 Grafik akselerasi korosi 10% selama 96 jam	88
Gambar 4. 6 Grafik akselerasi korosi 15% selama 168 jam	89
Gambar 4. 7 Keretakan beton setelah proses akselerasi seleama 48 jam dengan presentasi korosi 5%	90
Gambar 4. 8 Keretakan beton setelah proses akselerasi seleama 48 jam dengan presentasi korosi 5% (lanjutan).....	91
Gambar 4. 9 Keretakan beton setelah proses akselerasi seleama 48 jam dengan presentasi korosi 10%	91
Gambar 4. 10 Keretakan beton setelah proses akselerasi seleama 48 jam dengan presentasi korosi 15%	91
Gambar 4. 11 Keretakan beton setelah proses akselerasi seleama 48 jam dengan presentasi korosi 15% (lanjutan).....	92
Gambar 4. 12 Baja Tulangan dengan presentasi korosi 5%, 10% dan 15% setelah dilepas dari beton	92
Gambar 4. 13 Grafik diameter tulangan setelah korosi.....	93
Gambar 4. 14 Grafik diameter tulangan setelah korosi.....	93
Gambar 4. 15 Grafik diameter tulangan setelah korosi.....	93
Gambar 4. 16 Grafik hubungan tingkat korosi dengan Durasi akselerasi korosi korosi (jam).....	95

Gambar 4. 17 Grafik hasil nilai Resistivity sebelum korosi.....	100
Gambar 4. 18 Grafik hubungan antara nilai resistivity dengan tingkat korosi ...	101
Gambar 4. 19 Hasil Pengujian IMPact-Echo sebelum korosi pada jarak 5,10 dan 15 cm.....	102
Gambar 4. 20 Hasil pengujian IMPact-Echo setelah korosi pada Jarak 5,10 dan 15 cm.....	102
Gambar 4. 21 Perbandingan Hasil Frekuensi Sebelum Korosi.....	103
Gambar 4. 22 Perbedaan gelombang sebelum dan sesudah korosi 5%	104
Gambar 4. 23 Perbedaan gelombang sebelum dan sesudah korosi 10%	104
Gambar 4. 24 Perbedaan gelombang sebelum dan sesudah korosi 15%	105
Gambar 4. 25 Grafik hubungan antara nilai frekuensi dengan tingkat korosi	105
Gambar 4. 26 Grafik hubungan antara frekuensi iMPact-echo dengan nilai resistivity	106
Gambar 4. 27 Hasil Pengujian kuat lentur	107
Gambar 4. 28 Grafik hubungan kuat lentur dengan korosi aktual	108
Gambar 4. 29 Grafik hubungan nilai kuat lentur dengan nilai resistivity	109
Gambar 4. 30 Grafik hubungan antara nilai resistivity dengan frekuensi	110
Gambar 4. 31 Pola keruntuhan pada balok (a) BN A, (b) V1 A, (c) V2 A dan (d) V3 A yang mengalami korosi 2 hari (lanjutan)	111
Gambar 4. 32 Pola keruntuhan pada balok (a) BN B, (b) V1 B, (c) V2 B,.....	112
Gambar 4. 33 Pola keruntuhan pada balok (a) BN B, (b) V1 C, (c) V2 C,.....	113
Gambar 4. 34 Proses self-healing bakteri benda uji V1 A presentase korosi 5%. (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, (d) 28 hari	114
Gambar 4. 35 Proses self-healing bakteri benda uji V1 B presentase korosi 5%. (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, (d) 28 hari	114
Gambar 4. 36 Proses self-healing bakteri benda uji V1 C presentase korosi 5%. (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, (d) 28 hari	115
Gambar 4. 37 Proses self-healing bakteri benda uji V2 A presentase korosi 10%. (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, (d) 28 hari.....	115
Gambar 4. 38 Proses self-healing bakteri benda uji V2 B presentase korosi 10%. (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, (d) 28 hari.....	116
Gambar 4. 39 Proses self-healing bakteri benda uji V2 C presentase korosi 10%. (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, (d) 28 hari.....	116
Gambar 4. 40 Proses self-healing bakteri benda uji V3 A presentase korosi 15%. (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, (d) 28 hari.....	117
Gambar 4. 41 Proses self-healing bakteri benda uji V3 B presentase korosi 15%. (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, (d) 28 hari.....	117
Gambar 4. 42 Proses self-healing bakteri benda uji V3 C presentase korosi 15%. (a) 7 hari, (b) 14 hari, (c) 21 hari, (d) 28 hari.....	118

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik retak residu MFA-EGCs sebelum dan sesudah <i>self-healing</i> di siklus udara dan kering basah (w/d) (Kan et al., 2019).....	10
Tabel 2. 2 Uji <i>workability</i> (Alam et al., 2022)	16
Tabel 2. 3 Uji kuat tekan (Alam et al., 2022).....	16
Tabel 2. 4 Penamaan Campuran (Elson dan George, 2016).....	18
Tabel 2. 5 Hasil Tes Kompresi 7 dan 28 hari (Elson dan George, 2016).....	18
Tabel 2. 6 Kekuatan tarik belah (Elson dan George, 2016)	19
Tabel 2. 7 Kekuatan lentur (Elson dan George, 2016).....	20
Tabel 2. 8 Rancangan uji orthogonal (Wang et al., 2021).....	21
Tabel 2. 9 Kuat tekan ultimate beton (Wang et al., 2021).....	21
Tabel 2. 10 Nilai-F dari kekuatan tekan ultimate benda uji kubus pada 7 hari (Wang et al., 2021).....	22
Tabel 2. 11 Nilai-f dari kekuatan tekan ultimate benda uji kubus pada 28 hari (Wang et al., 2021).....	22
Tabel 2. 12 Karakteristik semen dan metakaolin (Dinakar et al., 2019).....	26
Tabel 2. 13 Rincian proporsi campuran dalam kg/m ³ (Dinakar et al., 2019).....	26
Tabel 2. 14 Sifat mekanis dari beton yang diselidiki (Dinakar et al., 2019).....	27
Tabel 2. 15 Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian saat ini yang akan dilakukan.....	29
Tabel 2. 16 Spesifikasi semen <i>Portland</i>	34
Tabel 3. 1 Proporsi mix design benda uji beton per 1 m ³	75
Tabel 4. 1 Analisis gradasi butiram agregat halus.....	81
Tabel 4. 2 Proporsi mix design benda uji beton	84
Tabel 4. 3 Hasil pengujian kuat tekan	85
Tabel 4. 4 Perhitungan akselerasi korosi.....	87
Tabel 4. 5 Data retakan pada benda uji	89
Tabel 4. 6 Presentase Kehilangan massa Aktual	94
Tabel 4. 7 Hasil pengujian sebelum akselerasi korosi.....	96
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian setelah Akselerasi.....	98
Tabel 4. 9 Frekuensi iMPact-echo sebelum dan setelah korosi	102
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Uji Lentur.....	107

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
Δm	[M ²]	Selisih massa
V	[L ³]	Volume
I	[I]	Arus listrik
t	[T]	Durasi
z	[-]	Elektron yang bereaksi
F	[I/T]	Konstanta <i>faraday</i>
d	[L]	Tinggi balok
L	[L]	Panjang bentang
b	[L]	Lebar balok
ρ	[ML ³ T ³ A ²]	Nilai <i>Resitivity</i>

DAFTAR SINGKATAN

ACI	: <i>American Concrete Institute</i>
ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
BSN	: Badan Standarisasi Nasional
DC	: <i>Direct Current</i>
MHB	: Modulus Halus Butir
NDT	: <i>Non Destructive Test</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>

DAFTAR ISTILAH

1. *Mix Design*
Rancangan untuk menentukan material dalam pembuatan beton dengan mutu yang ditentukan.
2. *Slump*
Nilai pengujian yang digunakan untuk menentukan nilai kelecakan dari beton segar.
3. *Curing*
Perawatan yang dilakukan untuk mencegah keretakan pada beton akibat proses hidrasi, yang dapat menurunkan kekuatan beton.
4. *Akselerasi Korosi*
Proses percepatan korosi pada tulangan beton dengan bantuan alat.
5. *Optimum*
Pencapaian suatu hal untuk mendapatkan kondisi terbaik.
6. *Workability*
Kemampuan kerja dalam pengadukan beton
7. *Fresh concrete*
Kondisi beton segar dalam proses pencampuran material penyusun beton
8. *Self-healing concrete*
Beton yang dapat memperbaiki diri sendiri ketika terjadi keretakan akibat korosi
9. *Beton bertulang*
Kombinasi dari beton dan tulangan baja.
10. *Bacillus subtilis*
Jenis bakteri gram positif berbentuk batang yang biasa ditemukan di tanah
11. *Semen portland*
Material yang akan mengeras ketika bereaksi dengan air.
12. *DC power supply*
Alat untuk menyediakan tegangan DC (arus searah) secara konsisten
13. *Kuat lentur*
Kemampuan balok beton dalam menahan gaya arah tegak lurus.