

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA PENGARUH *REPAIR* DAN *SELF-HEALING* BETON  
AKIBAT KOROSI DENGAN METODE *IMPACT-ECHO***

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana

Teknik

di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Muhammad Fahri Al-Mizan**

**20190110131**

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

**2023**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fahri Al-Mizan  
NIM : 20190110131  
Judul : Analisa Pengaruh *Repair* dan *Self-Healing* Beton  
Akibat Korosi dengan Metode *Impact-Echo*

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, 10 Juli ..... 2023

Yang membuat pernyataan



**Muhammad Fahri Al-Mizan**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fahri Al-Mizan  
NIM : 20190110131  
Judul : Analisa Pengaruh *Repair* dan *Self-Healing* Beton Akibat Korosi dengan Metode *Impact-Echo*

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul pengaruh perbaikan beton yang korosi pada kuat lentur dan didanai melalui skema hibah kolaboratif luar negeri oleh Lembaga Riset dan Inovasi (R-LRI) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2022 dengan nomor hibah 56/R-LRI/XII/2022.

Yogyakarta,..... 2023

Penulis,

  
Muhammad Fahri Al-Mizan

Dosen Peneliti,

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

Dosen Anggota Peneliti 1,

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

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah rabbil'alamiin saya beryukur kepada **Allah SWT** atas nikmat sehat dan karunia-Nya, serta hidayah-Nya sehingga saya dapat menjalani perkuliahan dengan lancar, sehat, aman, dan barokah yang pada akhirnya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

### **Orang Tua dan Keluarga yang saya sayangi dan saya cintai**

Alhamdulillah rabbil'alamiin Jazakumullahu Khairan atas segala do'a dan dukungan baik moril maupun material, serta nasihat dan pendapatnya selama ini, terutama untuk Lutfah Mukaromah dan Sawiji sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat waktu.

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

Saya ucapkan terima kasih banyak untuk bapak selaku dosen pembimbing tugas akhir saya yang telah membimbing saya dengan sabar, terima kasih atas ilmu dan nasehatnya, atas waktu yang telah diluangkan untuk membimbing saya, dan semua jasa bapak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

## 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.

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. Bapak Ir. Puji Harsanto. S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
2. Bapak Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir
3. Dr. Ir. Restu Faizah, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Pendamping
4. Ibu Lutfah Mukaromah, Bapak Sawiji dan teman – teman yang tidak bisa sebutkan yang selalu mendukung dan membantu dalam penyusunan tugas akhir.

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, ..... 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Firdaus', written over the printed name 'Denyusun'.

Denyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN .....	xvii
DAFTAR ISTILAH .....	xviii
ABTRAK .....	xix
<i>ABSTRACT</i> .....	xx
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Pendahuluan.....	5
2.2 Tinjauan Pustaka.....	5
2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang.....	12
2.4 Dasar Teori .....	15
2.4.1 Beton.....	15
2.4.2 Beton Bertulang .....	15
2.4.3 Bahan Penyusun Beton .....	15
2.4.4 Pemeriksaan Agregat .....	17
2.4.5 Pengujian Slump Beton .....	20
2.4.6 Korosi.....	21
2.4.7 Mekanisme Korosi Pada Beton.....	22



2.4.8 <i>Repair Concrete Grouting</i> .....	24
2.4.9 <i>Repair Concrete Jacketing</i> .....	24
2.4.10 Self Healing Concrete (SHC) .....	25
2.4.11 Metode NDT .....	25
2.4.12 Metode Impact-Echo .....	25
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>27</b>
3.1 Materi Penelitian.....	27
3.2 Alat dan Bahan.....	27
3.2.1 Alat.....	27
3.2.2 Bahan .....	35
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	37
3.4 Tahapan Penelitian.....	37
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan .....	38
3.4.2 Pengujian Material.....	38
3.4.3 Pencampuran Bahan Baku .....	40
3.4.4 Uji Slump.....	40
3.4.5 Pencetakan Benda Uji.....	41
3.4.6 Curing .....	41
3.4.7 Akselerasi Korosi.....	42
3.4.8 <i>Repair</i> Beton Menggunakan Metode <i>Grouting</i> .....	42
3.4.9 <i>Repair</i> Beton Menggunakan Metode <i>Jacketing</i> .....	43
3.4.10 Proses <i>Self-Healing Concrete</i> Menggunakan Bakteri <i>Bacillus Subtilis</i> .....	43
3.4.11 Pengujian NDT Sebelum dan Setelah <i>Repair</i> dan <i>Self-Healing</i> .....	44
3.5 Analisis Data.....	45
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>46</b>
4.1 Pengujian Material.....	46
4.1.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	46
4.1.2 Pengujian Gradasi Butir Agregat Halus.....	46
4.1.3 Pengujian Berat Isi Agregat Halus.....	47
4.1.4 Pengujian Kadar Air Agregat Halus .....	47
4.1.5 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	48
4.1.6 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	48
4.1.7 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar .....	48
4.1.8 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	48
4.1.9 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.....	49

4.1.10 Pengujian Keausan Agregat Kasar .....	49
4.2 <i>Mix Design</i> Beton .....	49
4.3 Kuat Tekan Benda Uji .....	50
4.4 Hasil Pengujian <i>Slump</i> .....	51
4.5 Akselerasi Korosi.....	51
4.6 Pembentukan Retak Benda Uji Menggunakan Pembebanan.....	52
4.7 Pengujian <i>Impact-Echo</i> .....	53
4.7.1 Perbandingan Kualitas Frekuensi Pengujian <i>Impact-Echo</i> Pada Setiap Jarak Sensor.....	53
4.7.2 Perbandingan Hasil Gelombang Sebelum dan Sesudah Korosi .....	54
4.7.3 Hubungan antara Frekuensi Puncak <i>Impact-Echo</i> dengan Tingkat Korosi .....	56
4.7.4 Perbandingan Gelombang antara Sebelum dan Sesudah Proses <i>Cracking</i> .....	56
4.7.5 Hubungan Nilai Frekuensi dengan Persentase Kandungan Bakteri Pada Benda Uji <i>Self-Healing</i> Normal .....	58
4.7.6 Hubungan Nilai Frekuensi dengan Persentase Kandungan Bakteri Pada Benda Uji <i>Self-Healing</i> Setelah Korosi.....	58
4.7.7 Perbandingan Hasil Gelombang Sesudah <i>Self-Healing Concrete</i> .....	59
4.7.8 Perbandingan Hasil Gelombang Sesudah <i>Repair Grouting</i> .....	61
4.7.9 Perbandingan Hasil Gelombang Sesudah <i>Repair Jacketing</i> .....	63
4.8 Perbandingan Hasil Kuat Lentur.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan .....	67
5.2 Saran .....	68
DAFTAR PUSTAKA .....	xxii



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Korelasi hasil pengujian UPV dengan <i>schmidt hammer</i> ( <i>Creasey et al., 2017</i> ) .....	7
Tabel 2.2 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang.....	12
Tabel 4.1 Hasil pengujian agregat halus.....	48
Tabel 4.2 Hasil pengujian agregat kasar.....	49
Tabel 4.3 <i>Mix Design</i> benda uji.....	50
Tabel 4.4 Hasil uji kuat tekan beton kontrol.....	50
Tabel 4.5 Hasil akselerasi korosi benda uji .....	52
Tabel 4.6 Selisih frekuensi <i>Impact-Echo</i> pada jarak 10,15, dan 20 cm.....	54
Tabel 4.7 Perbandingan hasil kuat lentur .....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konfigurasi spesimen (Alhawat et al., 2020).....	6
Gambar 2.2 Korelasi antara frekuensi puncak <i>impact-echo</i> dengan kehilangan masa.(Alhawat et al., 2020) .....	6
Gambar 2.3 Contoh peta spektrum frekuensi IE pada beton spesimen (Garbacz et al., 2017) .....	8
Gambar 2.4 Perbandingan hasil perbaikan pada struktur IDCT menggunakan pemindaian infrared thermography (IRT) (a) sebelum perbaikan, (b) setelah perbaikan (Sangoju et al., 2019).....	9
Gambar 2.5 Pergeseran frekuensi selama degradasi benda uji yang diperoleh dengan metode <i>impact-echo</i> (Timčaková-Samarkova et al., 2016). 10	
Gambar 2.6 Hasil yang menunjukkan retakans setelah retak dan setelah inkubasi pada 14 hari, 28 hari, dan 120 hari, (a) Referensi, (b) Penambahan <i>flyash</i> ,( c) pengendalian abiotic, (d) mengandung bakteri (Xu et al., 2020) .....	12
Gambar 2.7 Ilustrasi skema korosi baja tulangan pada beton sebagai proses elektrokimia (Ahmad, 2003).....	23
Gambar 2.8 Pengaturan <i>impressed current</i> untuk mempercepat korosi tulangan pada benda uji balok beton bertulang ukuran besar (Ahmad, 2009) 24	
Gambar 2.9 Penampang melintang perkuatan <i>Concrete Jacketing</i> (Soenaryo et al., 2009) .....	24
Gambar 2.10 Prosedur pelaksanaan metode NDT .....	26
Gambar 2.11 Hasil uji NDT menggunakan <i>Impact-Echo</i> .....	26
Gambar 3.1 Oven .....	27
Gambar 3.2 Mesin penggerak ayakan .....	28
Gambar 3.3 Saringan.....	28
Gambar 3.4 Timbangan.....	29
Gambar 3.5 <i>Concrete Mixer</i> .....	29
Gambar 3.6 Kerucut <i>Abrams</i> .....	30
Gambar 3.7 Batang penusuk .....	30
Gambar 3.8 Alas.....	31
Gambar 3.9 Penggaris .....	31

Gambar 3.10 Cetakan Beton Balok.....	32
Gambar 3.11 Mesin <i>Los Angeles</i> .....	32
Gambar 3.12 <i>Sterofom</i> .....	33
Gambar 3.13 Kaliper.....	33
Gambar 3.14 Cetok .....	33
Gambar 3.15 <i>DC Power Supply</i> .....	34
Gambar 3.16 Alat uji <i>Impact Echo</i> .....	35
Gambar 3.17 Agregat Kasar.....	35
Gambar 3.18 Agregat Halus.....	35
Gambar 3.19 Semen.....	36
Gambar 3. 20 Besi Tulangan.....	36
Gambar 3.21 Bagan alir penelitian.....	37
Gambar 3.22 Percetakan benda uji.....	40
Gambar 3.23 Uji <i>slump</i> .....	40
Gambar 3.24 Pencetakan benda uji.....	41
Gambar 3.25 Proses <i>curing</i> .....	41
Gambar 3.26 Sketsa pelaksanaan metode akselerasi .....	42
Gambar 3.27 Sketsa pelaksanaan metode <i>grouting</i> .....	43
Gambar 3.28 Sketsa pelaksanaan metode <i>jacketing</i> .....	43
Gambar 3.29 Ilustrasi perletakan titik dan sensor untuk uji <i>Impact-Echo</i> .....	44
Gambar 3.30 Contoh hasil untuk uji <i>Impact-Echo</i> .....	45
Gambar 4.1 Grafik persen lolos kumulatif.....	47
Gambar 4.2 Grafik hasil daerah gradasi 2.....	47
Gambar 4.3 Perbandingan kuat tekan beton kontrol.....	51
Gambar 4.4 Hasil pengujian <i>Impact-Echo</i> pada jarak 10,15, dan 20 cm.....	53
Gambar 4.5 Grafik Selisih Frekuensi <i>Impact-Echo</i> .....	54
Gambar 4.6 Perbedaan gelombang sebelum dan sesudah korosi 20,2% .....	55
Gambar 4.7 Perbedaan gelombang sebelum dan sesudah korosi 25,5% .....	55
Gambar 4.8 Perbedaan gelombang sebelum dan sesudah korosi 30,7% .....	55
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara nilai frekuensi puncak dengan tingkat korosi .....	56

Gambar 4.10 Perbandingan gelombang sebelum dan sesudah proses <i>cracking</i> pada tingkat korosi 20,2% .....	57
Gambar 4.11 Perbandingan gelombang sebelum dan sesudah proses <i>cracking</i> pada tingkat korosi 25,5% .....	57
Gambar 4.12 Perbandingan gelombang sebelum dan sesudah proses <i>cracking</i> pada tingkat korosi 30,7% .....	57
Gambar 4.13 Grafik korelasi nilai frekuensi dengan persentase kandungan bakteri .....	58
Gambar 4.14 Grafik korelasi nilai frekuensi dengan persentase kandungan bakteri setelah korosi 14,8% .....	59
Gambar 4.15 Perbandingan gelombang <i>self-healing</i> dengan kandungan bakteri 0,1 % .....	60
Gambar 4.16 Perbandingan gelombang <i>self-healing</i> dengan kandungan bakteri 0,6 % .....	60
Gambar 4.17 Perbandingan gelombang <i>self-healing</i> dengan kandungan bakteri 1,5 % .....	60
Gambar 4.18 Perbandingan frekuensi benda uji <i>self-healing</i> .....	61
Gambar 4.19 Perbandingan gelombang <i>repair grouting</i> dengan tingkat korosi 20,2% .....	62
Gambar 4.20 Perbandingan gelombang <i>repair grouting</i> dengan tingkat korosi 25,5% .....	62
Gambar 4.21 Perbandingan gelombang <i>repair grouting</i> dengan tingkat korosi 30,7% .....	62
Gambar 4.22 Perbandingan frekuensi benda uji <i>repair grouting</i> dengan tingkat korosi yang berbeda .....	63
Gambar 4.23 Perbandingan gelombang <i>jacketing</i> dengan tingkat korosi 20,5% .	64
Gambar 4.24 Perbandingan gelombang <i>jacketing</i> dengan tingkat korosi 25,1% .	64
Gambar 4.25 Perbandingan gelombang <i>jacketing</i> dengan tingkat korosi 30,5% .	64
Gambar 4.26 Perbandingan frekuensi benda uji <i>jacketing</i> dengan tingkat korosi yang berbeda .....	65
Gambar 4.27 Perbandingan nilai kuat lentur dengan frekuensi puncak.....	66

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian gradasi butir agregat halus.....	
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus. ....	
Lampiran 3. Pengujian kadar air agregat halus.....	
Lampiran 4. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	
Lampiran 5. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar .....	
Lampiran 6. Pengujian kadar air agregat kasar.....	
Lampiran 7. Pengujian kadar lumpur agregat kasar.....	
Lampiran 8. Pengujian keausan agregat kasar .....	
Lampiran 9. Perhitungan Mix Design Beton ACI 211.1 – 91 FAS 0,54 Mutu Beton 30 MPa .....	
Lampiran 10. Perhitungan Mix Design Mortar berdasarkan SNI 03-6882-2002 .....	
Lampiran 11. Perhitungan Convert Kuat Tekan Mortar Kubus menjadi Silinder ....	

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
$f'c$	[M] [L <sup>-2</sup> ]	Kuat tekan
A	[L <sup>2</sup> ]	Luas efektif
P	[M]	Beban maksimum
V	[L <sup>3</sup> ]	Volume
W	[M]	<i>Berat</i>
D	[L]	Diameter
t	[L]	Tinggi
w/c	[-]	Water ratio

## DAFTAR SINGKATAN

BSN	: Badan Standarisasi Nasional
SNI	: Standar Nasional Indonesia
ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
NDT	: <i>Non Destructive Test</i>
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>
MHB	: Modulus Halus Butir
ACI	: <i>American Concrete Institute</i>
ASTM	: <i>American Society for Testing and Material</i>
IE	: <i>Impact Echo</i>
SHC	: <i>Self Healing Conrete</i>
BAK	: Bakteri
JKT	: <i>Jacketing</i>
GRT	: <i>Grouting</i>
NOR	: Normal



## DAFTAR ISTILAH

1. *Optimum*  
Kinerja terbaik dari suatu sistem atau struktur dengan menggunakan sumber daya atau upaya yang paling efektif dan efisien.
2. *Curing*  
Perawatan yang dilakukan untuk mencegah keretakan pada beton akibat proses hidrasi, yang dapat menurunkan kekuatan beton.
3. *Mix Design*  
Pekerjaan merancangan dan menentukan material bermutu tinggi agar menghasilkan beton dengan mutu sesuai rencana.
4. *Slump*  
Nilai pengujian yang digunakan untuk menentukan nilai kelecakan dari beton segar
5. *Non-Destructive Test*  
Mengevaluasi kualitas dan integritas suatu material atau produk tanpa merusaknya secara permanen
6. *Impact Echo*  
Metode pengujian tanpa merusak beton menggunakan gelombang umpan balik
7. *Self Healing Concrete*  
Metode perbaikan beton menggunakan bakteri sebagai komponen utama perbaikan
8. *Repair Jacketing*  
Metode perbaikan beton dengan menambah dimensi beton menggunakan mortar dengan kuat tekan yang lebih besar
9. *Repair Grouting*  
Metode perbaikan beton menggunakan mortar dengan kuat tekan lebih besar untuk menutup retak yang terjadi menggunakan alat *grout*.