

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA KOROSI PADA BETON BERTULANG  
MENGUNAKAN *IMPACT ECHO***



**Disusun oleh:**

**YANA ICHSANNUR PUTRA**

**20190110244**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2024**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA KOROSI PADA BETON BERTULANG  
MENGUNAKAN *IMPACT ECHO***

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



**Disusun oleh:**

**YANA ICHSANNUR PUTRA**

**20190110244**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2024**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yana Ichsannur Putra  
NIM : 20190110244  
Judul : Analisis Korosi Pada Beton Bertulang Menggunakan 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, 19 September 2022

Yang membuat pernyataan



Yana Ichsannur Putra

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yana Ichsannur Putra  
NIM : 20190110244  
Judul : Analisis Korosi Pada Beton Bertulang Menggunakan Metode *Impact Echo*.

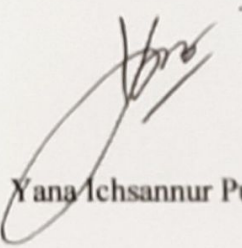
Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Analisis Korosi pada Beton Bertulang Menggunakan Metode *Impact Echo* dan didanai melalui skema hibah pada tahun 2022/2023 oleh Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2022/2023 dengan nomor hibah penelitian paying : Judul: *Corrosion Analyze in Reinforce Concrete Using Impact Echo Method* (Nomor 16/R-LRI/I/2023)

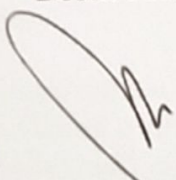
Yogyakarta,

2023

Penulis,

Dosen Peneliti,

  
Yana Ichsannur Putra

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

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Alhamdulillah rabbil'alamín segala puji dan syukur kepada **Allah S.W.T.** yang selalu memberi saya nikmat, rezeki, dan kebahagiaan. Tak pernah terputus rasa kasih dan sayang itu sehingga saya dapat menyelesaikan pertempuran perkuliahan, dan Tugas Akhir saya.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

### **Bapak Jiono & Ibu Raji**

Untuk Ibu dan Ayah, Saya selalu bersyukur atas semua pelajaran dan rasa kasih yang telah Ibu dan Ayah berikan seumur hidup saya. Terimakasih untuk *support* yang mungkin berbeda dari kebanyakan orang tua lain. *Alhamdulillah*, semua harap dan senyum itu sangat mendorong dan membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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

“Semangat Yana, Semua punya waktunya sendiri-sendiri”  
*Al-hamdu lillahi rabbil'alamín*, beribu terimakasih untuk pak Zaki selaku dosen pembimbing atas semua ilmu, pengetahuan, nasihat, dan semangatnya dalam membimbing saya sampai akhirnya Tugas Akhir saya terselesaikan.

### **Berlyana Ichanur Putri**

Terimakasih saya sampaikan kepada adekku yang telah memberikan dukungan penuh dalam alur cerita nyata yang saya alami. Terimakasih karena selalu menjadi tempat bertukar cerita senang-maupun sedih, dan terimakasih juga karena sering mengalah di beberapa hal dan mengerti kondisi kakak selama ini. Terimakasih kakak ucapkan.

### **Tim Tugas Akhir : Afifi, Wira, Lilis, Firda, Bubi, Chanief, Pricil, Anisa, Ikbal, Fahri, Rivky, Wibowo, Tania**

Tim tugas akhir dengan grup TAZ, Terimakasih atas pembagian tugas dan seluruh bantuannya selama Tugas Akhir ini, senang, sedih, dan semua emosi yang ada. Terimakasih atas perjalanan dan pertemuannya di Lab struktur. Semoga suatu saat kita dapat berkumpul lagi di posisi terbaik dengan pekerjaan ataupun kesuksesan yang kita inginkan.

### **Grup Dolan: Rizqul, Emma, Ninit**

Terimakasih selalu memberi ruang untuk berkeluh kesah dan menghilangkan *stress* bersama. Semoga pertemanan kita menjadi pertemanan yang sehat dan saling *support* satu dan yang lain hari ini dan hari esok yang akan datang.

Ada sepatah kalimat motivasi, yang berkesan menurut saya,

*“It's kind of fun to do the impossible.”*

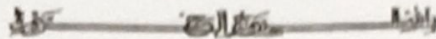
Dalam proses menyelesaikan penelitian ini membuat saya semakin mengerti sangat menyenangkan rasanya mampu menyelesaikan hal yang kita anggap mustahil.

Terkadang sesuatu tidaklah sulit, yang sulit adalah karena kita membayangkan prosesnya.

*This story begins*

*“Corrosion Analyze in Reinforce Concrete using Impact Echo Method”*

## PRAKATA



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat dan hidayat-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Tugas akhir ini ini disusun sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis beton bertulang yang terkorosi menggunakan metode *NDT Impact Echo*.

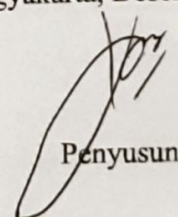
Atas segala bimbingan, petunjuk dan saran hingga terselesainya tugas akhir ini, penyusun ucapkan terima kasih kepada :

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. Bapak Dr. Ir. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Semua pihak yang telah membantu sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini dikerjakan berdasarkan teori yang kami dapatkan dibangku kuliah. Penyusun menyadari betul, bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Namun, penyusun merasa puas karena dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan segala kemampuan diiringi dengan doa, dan hanya kepada Allah SWT. semua dikembalikan.

Wassalammu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Desember 2022

  
Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG .....	xvi
DAFTAR SINGKATAN .....	xvii
DAFTAR ISTILAH.....	xviii
ABSTRAK .....	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 .....	8
2.4    Landasan Teori.....	11
2.2.1    Beton .....	11
2.2.2    Material Penyusun.....	11
2.2.3    Pemeriksaan Material.....	13
2.2.4    Korosi.....	17
2.2.5    Akselerasi Korosi.....	18



2.2.6	<i>Mix Design</i> .....	19
2.2.7	Perawatan Beton ( <i>Curing</i> ).....	19
2.2.8	Teori Gelombang.....	19
2.2.9	Klasifikasi Gelombang.....	19
2.2.10	Frekuensi, Kecepatan, dan Panjang Gelombang.....	20
2.2.11	Frekuensi Alami .....	21
2.2.12	<i>Impact Echo</i> .....	21
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>23</b>
3.1	Materi Penelitian .....	23
3.2	Bahan.....	23
3.3	Alat.....	26
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian.....	36
3.5	Tahap Penelitian .....	37
3.5.1	Diagram Alir.....	37
3.5.2	Studi Literatur dan Dasar Teori.....	38
3.5.3	Persiapan Alat dan Bahan.....	39
3.5.4	Pengujian Agregat Halus.....	39
3.5.5	Pengujian Agregat Kasar.....	40
3.5.6	Uji Baja .....	41
3.5.7	<i>Mixing Material Berdasarkan Mix Design</i> .....	41
3.5.8	Uji Slump .....	41
3.5.9	Pengecoran .....	42
3.5.10	<i>Curing</i> .....	42
3.5.11	Pengeringan.....	43
3.5.12	Pengujian NDT.....	43
3.5.13	Akselerasi Korosi.....	44
3.5.14	Pengujian <i>Impact Echo</i> .....	45
3.5.15	Detail Sampel yang Digunakan.....	47
3.5.16	Analisis & Pembahasan.....	48
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>49</b>
4.1	Pengujian Material .....	49
4.1.1	Pengujian Agregat Halus.....	49
4.1.2	Pengujian Agregat Kasar.....	51
4.2	<i>Mix Design</i> Beton .....	53

4.3 Uji <i>Slump</i> .....	53
4.4 Akselerasi Korosi .....	54
4.5 Penamaan Ulang Nama Benda Uji.....	54
4.6 Mekanisme Pengambilan data.....	55
4.7 Pengujian <i>Impact-Echo</i> .....	55
4.7.1 Hasil Grafik Gelombang IE pada Sampel Beton Sebelum Perlakuan .	55
4.7.2 Hasil Grafik Gelombang IE pada Sampel Beton Terkorosi 5%, 10%, 15%, dan 20% .....	57
4.7.3 Hubungan Antara Frekuensi Puncak <i>Impact Echo</i> dengan Tingkat Korosi 5%, 10%, 15%, dan 20%.....	58
4.7.4 Analisis Perbedaan Gelombang Puncak IE pada Korosi Bagian Tengah ( <i>Flexural</i> ) dan Bagian Tepi ( <i>support</i> ) .....	60
4.7.5 Analisis Jarak Uji Efektif Penggunaan IE.....	62
4.7.6 Densitas Benda Uji.....	64
4.7.7 Teori <i>Stokey</i> .....	64
4.7.8 Frekuensi Puncak Sebelum dan Sesudah Perlakuan .....	65
<b>BAB V PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN.....</b>	<b>67</b>
5.1 Kesimpulan .....	67
5.2    Saran.....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>xxvi</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tiga Jenis Gelombang .....	7
Tabel 2. 2 Perbandingan Pengujian Terdahulu dan Sekarang .....	8
Tabel 3. 1 Detail Sampel kode TE dan kode TEKAN.....	47
Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Butir Agregat Halus .....	49
Tabel 4. 2 Hasil Pemeriksaan Gradasi Butir Agregat Halus .....	51
Tabel 4. 3 Mix Design 30 MPa per-m <sup>3</sup> .....	53
Tabel 4. 4 Kode Benda Uji.....	53
Tabel 4. 5 Hasil Akselerasi Korosi Benda Uji.....	54
Tabel 4. 6 Tabel Nama Baru Benda Uji.....	55
Tabel 4. 7 Data Rata-rata Puncak Gelombang Pada Tiap Benda Uji dan Tiap Tingkat Korosi.....	63
Tabel 4. 8 Data Rata-rata Selisih Puncak Gelombang pada Pengujian Sampel Berdasarkan Jarak Sensor IE.....	63
Tabel 4. 9 Densitas Benda Uji Sebelum & Sesudah Perlakuan .....	64
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Densitas Benda Uji dengan Teori Stokey 1998 ....	64
Tabel 4. 11 Nilai Frekuensi Puncak Sebelum dan Sesudah Perlakuan .....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cara kerja <i>Impact Echo</i> Carino, (2001) .....	5
Gambar 2. 2 Grafik <i>Impact-Echo</i> menurut Kim dkk., (2006).....	6
Gambar 2. 3 Gambaran simulasi gelombang <i>P-Wave</i> , <i>R-Wave</i> , dan <i>S-Wave</i> dengan elemen hingga menurut N. J. Carino, (2004) .....	7
Gambar 2. 4 Reaksi korosi pada tulangan.....	17
Gambar 2. 5 Metode akselerasi korosi (Su dkk. 2022) .....	18
Gambar 2. 6 <i>Output IE</i> menurut Carino, 2004.....	22
Gambar 3. 1 Agregat Halus .....	23
Gambar 3. 2 Agregat Kasar .....	24
Gambar 3. 3 Semen .....	24
Gambar 3. 4 Air.....	24
Gambar 3. 5 Oli Bekas .....	25
Gambar 3. 6 Baja Tulangan.....	25
Gambar 3. 7 Kawat Bendrat.....	26
Gambar 3. 8 Universal Computer Testing Machine.....	26
Gambar 3. 9 Nampan .....	27
Gambar 3. 10 Oven .....	27
Gambar 3. 11 Mesin penggerak ayakan .....	28
Gambar 3. 12 Saringan.....	28
Gambar 3. 13 Timbangan Digital.....	29
Gambar 3. 14 Gelas Ukur.....	29
Gambar 3. 15 Concrete Mixer.....	30
Gambar 3. 16 Kerucut Abrams.....	30
Gambar 3. 17 Batang Penusuk .....	31
Gambar 3. 18 Nampan Besar / Alas .....	31
Gambar 3. 19 Meteran.....	31
Gambar 3. 20 Bekesting Silinder .....	32
Gambar 3. 21 Bekesting Sampel.....	32
Gambar 3. 22 Bak Perendam .....	33
Gambar 3. 23 Mesin <i>Los Angeles</i> .....	33
Gambar 3. 24 Sterofoam .....	34
Gambar 3. 25 Jangka Sorong .....	34
Gambar 3. 26 Cetok .....	35
Gambar 3. 27 Tang .....	35
Gambar 3. 28 <i>DC Power Supply</i> .....	36
Gambar 3. 29 Alat uji <i>Impact Echo</i> .....	36
Gambar 3. 30 Diagram Alir.....	38
Gambar 3. 31 Proses <i>Mixing Material</i> .....	41
Gambar 3. 32 Proses Uji <i>Slump</i> .....	42
Gambar 3. 33 Proses Pengecoran .....	42
Gambar 3. 34 Proses <i>Curing</i> .....	43
Gambar 3. 35 Proses Pengujian NDT IE .....	43
Gambar 3. 36 Setup Akselerasi Beton.....	44

Gambar 3. 37 Sketsa Pelaksanaan Akselerasi Beton .....	45
Gambar 3. 38 Intrumen IE .....	45
Gambar 3. 39 Ilustrasi Jarak Sensor IE 10 cm .....	46
Gambar 3. 40 Ilustrasi Jarak Sensor IE 15 cm .....	46
Gambar 3. 41 Ilustrasi Jarak Sensor IE 20 cm .....	46
Gambar 3. 42 Contoh Hasil Tangkapan Layar <i>Impact-Echo</i> pada Jarak Sensor 10 cm .....	47
Gambar 3. 43 Gambar perlakuan korosi <i>Flexural</i> .....	48
Gambar 3. 44 Gambar perlakuan korosi <i>Support</i> ... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Gambar 4. 1 Grafik persen lolos kumulatif.....	50
Gambar 4. 2 Grafik hasil daerah gradasi 2.....	50
Gambar 4. 3 Grafik Pengujian IE Sampel TE 20% Sebelum Perlakuan dengan Jarak Sensor Uji 20 cm.....	56
Gambar 4. 4 Grafik Pengujian IE Sampel TEKAN 20% Sebelum Perlakuan dengan Jarak Sensor Uji 20 cm .....	56
Gambar 4. 5 Grafik Pengujian IE Sampel TE 20% Setelah Perlakuan dengan Jarak Sensor Uji 20 cm.....	57
Gambar 4. 6 Grafik Pengujian IE Sampel TEKAN 20% Setelah Perlakuan dengan Jarak Sensor Uji 20 cm .....	58
Gambar 4. 7 Contoh Grafik (TE 20%) Perbandingan Jarak Sensor Pengujian Sebelum Perlakuan.....	59
Gambar 4. 8 Contoh Grafik (TE 20%) Perbandingan Jarak Sensor Pengujian Setelah Perlakuan.....	59
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Tingkat Korosi dengan Titik Puncak Gelombang IE .....	60
Gambar 4. 10 Grafik rata-rata gelombang puncak korosi tengah ( <i>flexural</i> ) sebelum dan sesudah korosi .....	61
Gambar 4. 11 Grafik rata-rata gelombang puncak korosi tepi ( <i>support</i> ) sebelum dan sesudah korosi .....	61
Gambar 4. 12 Grafik rata-rata gelombang puncak korosi tengah ( <i>Flexural</i> ) & korosi tepi ( <i>Support</i> ). .....	62

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian gradasi butir agregat halus .....	xxvi
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus .....	xxvii
Lampiran 3. Pengujian kadar air agregat halus .....	xxx
Lampiran 4. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	xxxii
Lampiran 5. Pengujian keausan agregat kasar .....	xxxii
Lampiran 6. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar .....	xxxiii
Lampiran 7. Pengujian kadar lumpur agregat kasar.....	xxxiv
Lampiran 8. Perhitungan Mix Design Beton ACI 211.1 – 91 FAS 0,54 Mutu Beton 30 MPa .....	xxxvi
Lampiran 9. Gambar grafik pengujian IE sebelum perlakuan korosi kode sampel TE dan TEKAN.....	xxxviii

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
$\Delta m$	[M <sup>2</sup> ]	Selisih massa
V	[L <sup>3</sup> ]	Volume
I	[I]	Arus listrik
t	[T]	Durasi
z	[-]	Elektron yang bereaksi
F	[I/T]	Konstanta faraday
P	[L]	Panjang bentang
L	[L]	Lebar balok
T	[L]	Tinggi balok

## DAFTAR SINGKATAN

MHB	= Modulus Halus Butir
SNI	= Standar Nasional Indonesia
BSN	= Badan Standar Nasional
TE	= Tulangan tekan
TA	= Tulangan tarik
SSD	= Saturated Surface Dry
ACI	= American Concrete Institute
PCC	= Portland Composite Cement
ASTM	= American Standard Testing Material
IE	= <i>Impact Echo</i>
MPa	= Mega Pascal
DC	= Direct Current
NaCl	= Natrium Clorine
N	= Newton
kN	= Kilo Newton



## DAFTAR ISTILAH

1. *Mix Design*  
Rancangan untuk menentukan material dalam pembuatan beton dengan mutu yang ditentukan.
2. *Slump*  
Pengukuran tingkat kekentalan beton.
3. *Curing*  
Perawatan yang dilakukan untuk menjaga kelembapan/suhu beton sehingga beton tidak mengalami keretakan karena suhu yang terlalu tinggi.
4. *Accelerated Corrosion*  
Pengujian korosi dengan menggunakan alat bantu DC untuk mempercepat proses pengkorosian.
5. Korosi *Flexural*  
Korosi yang posisinya di tengah bentang, dengan kode sampel TE
6. Korosi *Support*  
Korosi yang posisinya di tepi bentang, dengan kode sampel TEKAN