

TUGAS AKHIR

**ANALISA *REPAIR* BETON KOROSI MENGGUNAKAN
*RESISTIVITY METHOD***

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



Khairil Mahbubi

20190110240

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

2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khairil Mahbubi
NIM : 20190110240
Judul : *Analisa Repair Beton Korosi Menggunakan Resistivity*

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, ...13 Juli..... 2023

Yang membuat pernyataan



Khairil Mahbubi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khairil Mahbubi

NIM : 20190110240

Judul : *Analisa Repair* Beton Korosi Menggunakan *Resistivity*

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, 13 Juli 2023

Penulis,



Khairil Mahbubi

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

Puji syukur kepada **Allah SWT** yang telah memberikan kekuatan, kemudahan, dan kelancaran sehingga saya dapat menjalani masa perkuliahan hingga pada akhirnya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

Kedua Orang Tua dan Keluarga

Alhamdulillah rabbi'l'alamiin Jazakumullahu Khairan atas segala do'a dan dukungan baik moril maupun material, serta nasihat dan pendapatnya selama ini, terutama untuk Cucun Sunariah dan Asep Mahmudin 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.

Tim Kloter Biru

Terima kasih untuk Wira, Fahri, Rivky, Afifi, atas bantuan dan kerja samanya dari awal merencanakan benda uji, proses akselerasi korosi yang sangat lama, sulitnya mencari tempat pengujian lentur, hingga panik batas pendadaran di akhir bulan juni dan akhirnya selesai tugas akhir ini.

Kontrakan Hutan dan Pengunjung Setia

Terima kasih banyak untuk Raihan, Affan, Icam, yang sudah bersama selama 2 tahun di atap yang sama atas dukungannya. Tidak lupa untuk para pengunjung setia kontrakan baik yang membantu, mengganggu, meresahkan, menenangkan, sampai akhirnya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

Teman Spesial

Terima kasih untuk Niva Nur Azizah atas segala motivasi dan dukungannya selama menyelesaikan 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 mengetahui pengaruh perbaikan beton korosi menggunakan metode *resistivity*.

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. Dr. Ir. Restu Faizah, S.T., M.T. 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. Tema-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, 11 Juli 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

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.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR ISTILAH	xvii
ABSTRAK.....	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
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 Pendahuluan.....	5
2.2 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	17
2.4 Dasar Teori	19
2.4.1 Beton	19
2.4.2 Bahan Penyusun Beton	19
2.4.3 Mortar.....	20
2.4.4 Pemeriksaan Agregat	21
2.4.5 Slump Test	23
2.4.6 Korosi.....	23
2.4.7 Akselerasi Korosi.....	25

2.4.8	<i>Repair</i> Beton	26
2.4.9	Metode <i>Resistivity</i>	27
2.4.10	Kuat Lentur Beton.....	28
BAB III. METODE PENELITIAN.....		29
3.1	Materi Penelitian.....	29
3.2	Alat dan Bahan	29
3.2.1	Alat.....	29
3.2.2	Bahan.....	36
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	40
3.4	Tahapan Penelitian.....	40
3.4.1	Studi Pustaka.....	41
3.4.2	Persiapan Alat dan Bahan	42
3.4.3	Pengujian Bahan.....	42
3.4.4	Rencana <i>Mix Design</i>	44
3.4.5	Persiapan Pembuatan Benda Uji	45
3.4.6	Pencampuran Bahan Baku	45
3.4.7	Uji Slump	46
3.4.8	Pencetakan dan <i>Curing</i> Benda Uji	46
3.4.9	Akselerasi Korosi	47
3.4.10	Pengujian <i>Resistivity</i>	48
3.4.11	Pengujian Kuat Tekan	49
3.4.12	Pembebanan <i>precracked</i>	49
3.4.13	Metode <i>Repair Grouting</i>	50
3.4.14	Metode <i>Repair Jacketing</i>	50
3.4.15	Pengujian Kuat Lentur	51
3.5	Analisis Data.....	51
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		52
4.1	Hasil Pengujian Agregat Halus.....	52
4.1.1	Analisis Gradasi Butiran Agregat Halus	52
4.1.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	53
4.1.3	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	53
4.1.4	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	53
4.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	53
4.2.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	53
4.2.2	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	53
4.2.3	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	54

4.2.4	Pengujian Keausan Agregat Kasar.....	54
4.3	Mix Design	54
4.4	Hasil Uji <i>Slump</i>	55
4.5	Hasil Pengujian Akselerasi Korosi	55
4.6	Hasil Pengujian <i>Restivity</i>	58
4.6.1	Pengaruh Tingkat Korosi Terhadap Nilai <i>Resistivity</i> Beton	64
4.6.2	Hasil pengujian <i>precracked</i> dengan pengujian <i>resistivity</i>	66
4.6.3	Hasil Pengujian <i>Resistivity</i> pada <i>Repair</i> Beton.....	67
4.6.4	Perbandingan Pengaruh <i>Repair</i> dari Pengujian <i>resistivity</i>	69
4.7	Hasil Pengujian Kuat Lentur	69
BAB V.. KESIMPULAN DAN SARAN.....		72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA		73
LAMPIRAN.....		77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Interpretasi aktivitas korosi menggunakan metode <i>resistivity</i> (Zaki et al., 2015).....	5
Tabel 2.2 Hasil uji kuat tekan benda uji beton kubus (Maulana, 2019).....	14
Tabel 2.3 Resistivitas beton dan risiko korosi pada tulangan baja (Azarsa & Gupta, 2017)	16
Tabel 2.4 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang belum parafrase	17
Tabel 2.5 Lanjutan Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang	18
Tabel 2.6 Kisaran <i>resistivity</i> pada tingkat risiko korosi (Kevin Paolo V Robles et al., 2022).....	27
Tabel 3.1 Proporsi <i>mix design</i> benda uji beton per 1 m ³	44
Tabel 3.2 Proporsi <i>mix design</i> mortar per 1 m ³	45
Tabel 4.1 Analisis gradasi butiran agregat halus	52
Tabel 4.2 Proporsi <i>mix design</i> benda uji beton	54
Tabel 4.3 Proporsi <i>mix design</i> mortar	55
Tabel 4.4 Perhitungan akselerasi korosi.....	56
Tabel 4.5 Presentase kehilangan massa aktual.....	57
Tabel 4.6 Nilai <i>resistivity</i> beton sebelum akselerasi korosi	58
Tabel 4.7 Nilai <i>resistivity</i> beton setelah akselerasi korosi	60
Tabel 4.8 Nilai <i>resistivity</i> beton setelah <i>precracked</i>	61
Tabel 4.9 Nilai <i>resistivity</i> beton setelah <i>repair</i>	63
Tabel 4.10 Hasil pengujian uji lentur	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil uji balok kode B (Karla et al., 2020).....	6
Gambar 2.2 Grafik uji balok kode B (Karla et al., 2020).....	6
Gambar 2.3 Hasil uji balok kode E (Karla et al., 2020).....	6
Gambar 2.4 Grafik uji balok kode E (Karla et al., 2020).....	7
Gambar 2.5 Hasil pengujian balok dengan kode F (Karla et al., 2020).....	7
Gambar 2.6 Grafik uji balok kode F (Karla et al., 2020).....	7
Gambar 2.7 Hubungan antara <i>resistivity</i> listrik dan suhu beton (Kevin Paolo V. Robles et al., 2022).....	9
Gambar 2.8 Hubungan antara <i>resistivity</i> listrik dan kuat tekan (Kevin Paolo V. Robles et al., 2022).....	9
Gambar 2.9 Hubungan resistivitas beton dengan tingkat korosi pada konsentrasi klorida yang berbeda, (a) tebal selimut beton 20 mm, (b) tebal selimut beton 45 mm, (c) tebal selimut beton 70 mm (Su et al., 2019)	10
Gambar 2.10 Spesimen retak tarik: sebelum retak (<i>uncracked</i>), setelah retak (<i>cracked</i>) dan setelah repair grout (<i>treated</i>) (Pal Kaur et al., 2019) ..	11
Gambar 2.11 Spesimen retak korosi: sebelum retak (<i>uncracked</i>), setelah retak (<i>cracked</i>) dan setelah <i>repair grout</i> (<i>treated</i>) (Pal Kaur et al., 2019) .	11
Gambar 2.12 Resistivitas listrik beton (Astuti et al., 2021).....	13
Gambar 2.13 Pengaruh tebal selimut beton terhadap resistivitas listrik beton dengan rasio air semen 0.45 (Lencioni & Medeiros-Junior, 2021)....	15
Gambar 2.14 Hubungan resistivitas listrik dengan durasi pemaparan bahan <i>repair</i> terpapar karbonasi yang dipercepat (Rath et al., 2021).....	16
Gambar 2.15 Reaksi korosi pada tulangan (Broomfield, 2003).....	25
Gambar 2.16 Metode akselerasi korosi (Su et al., 2019)	25
Gambar 2.17 Metode perbaikan <i>concrete jacketing</i> (Soenaryo et al., 2009).....	26
Gambar 2.18 Ilustrasi pengujian <i>resistivity</i> pada beton (Layssi et al., 2015)	27
Gambar 2.19 Grafik perilaku deformasi pada beton (Merriza et al., 2016).....	28
Gambar 2.20 Skema uji kuat lentur dengan pembebanan dua titik (BSN, 2011b)	28
Gambar 3.1 Oven	29
Gambar 3.2 Mesin penggerak ayakan.....	30
Gambar 3.3 Ayakan	30
Gambar 3.4 <i>Concrete Mixer</i>	30
Gambar 3.5 Kerucut <i>Abrams</i>	31
Gambar 3.6 Batang penusuk	31
Gambar 3.7 Alas.....	32
Gambar 3.8 Meteran.....	32
Gambar 3.9 Cetakan balok.....	32
Gambar 3.10 Bak <i>Curing</i>	33
Gambar 3.11 Mesin <i>Los Angeles</i>	33
Gambar 3.12 <i>Sterofom</i>	33

Gambar 3.13 Cetokan.....	34
Gambar 3.14 <i>DC Power Supply</i>	34
Gambar 3.15 Alat uji <i>resistivity</i>	35
Gambar 3.16 <i>Pointing Brick Grouting</i>	35
Gambar 3.17 <i>Universal machine test</i>	35
Gambar 3.18 Timbangan.....	36
Gambar 3.19 Agregat Kasar.....	36
Gambar 3.20 Agregat Halus.....	37
Gambar 3.21 Semen	37
Gambar 3.22 Air.....	37
Gambar 3.23 Besi tulangan	38
Gambar 3.24 Kabel listrik	38
Gambar 3.25 <i>Sodium chloride</i> (NaCl)	39
Gambar 3.26 <i>Sika</i>	39
Gambar 3.27 Gel Konduktif.....	39
Gambar 3.28 Bagan alir penelitian.....	40
Gambar 3.29 Bagan alir penelitian (lanjutan)	41
Gambar 3.30 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	42
Gambar 3.31 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	43
Gambar 3.32 Pengujian kadar air agregat	43
Gambar 3.33 Pengujian kadar lumpur	43
Gambar 3.34 Pengujian keausan	44
Gambar 3.35 <i>Mixing</i> beton segar	45
Gambar 3.36 Uji <i>slump</i>	46
Gambar 3.37 Proses <i>curing</i>	46
Gambar 3.38 Proses akselerasi korosi.....	47
Gambar 3.39 Skema pengujian akselerasi korosi	47
Gambar 3.40 Ilustrasi pembagian sisi untuk uji <i>Resistivity</i>	48
Gambar 3.41 Pengujian kuat tekan	49
Gambar 3.42 Pembebanan <i>precracked</i>	49
Gambar 3.43 Sketsa pelaksanaan metode <i>grouting</i>	50
Gambar 3.44 Sketsa pelaksanaan metode <i>jacketing</i>	50
Gambar 3.45 Pengujian kuat lentur.....	51
Gambar 4.1 Grafik hasil gradasi daerah 1.....	52
Gambar 4.2 Baja tulangan kelompok <i>jacketing</i> setelah lepas dari beton.....	56
Gambar 4.3 Baja tulangan kelompok <i>grouting</i> setelah lepas dari beton.....	57
Gambar 4.4 Grafik perubahan nilai <i>resistivity</i> sebelum dan sesudah korosi	65
Gambar 4.5 Grafik hubungan tingkat korosi aktual dengan nilai <i>resistivity</i>	65
Gambar 4.6 Pola retak beton <i>precracked</i>	66
Gambar 4.7 Grafik perubahan <i>resistivity</i> beton <i>precracked</i>	67
Gambar 4.8 Grafik perubahan <i>resistivity</i> beton <i>precracked</i> dan <i>repair grouting</i> . 68	
Gambar 4.9 Grafik perubahan <i>resistivity</i> beton <i>precracked</i> dan <i>repair jacketing</i> 68	
Gambar 4.10 Rasio pemulihan <i>resistivity</i>	69
Gambar 4.11 Grafik hubungan kuat lentur dengan korosi aktual	70
Gambar 4.12 Grafik hubungan <i>resistivity</i> dengan kuat lentur	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian gradasi butir agregat halus.....	77
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.....	79
Lampiran 3. Pengujian kadar air agregat halus.....	81
Lampiran 4. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	82
Lampiran 5. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.....	83
Lampiran 6. Pengujian kadar air agregat kasar.....	85
Lampiran 7. Pengujian kadar lumpur agregat kasar.....	86
Lampiran 8. Pengujian keausan agregat kasar.....	87
Lampiran 9. Perhitungan Mix Design Beton ACI 211.1 – 91 FAS 0,54 Mutu Beton 30 MPa.....	88
Lampiran 10. Perhitungan Mix Design Mortar berdasarkan SNI 03-6882-2002 .	90
Lampiran 11. Perhitungan Convert Kuat Tekan Mortar Kubus menjadi Silinder	91

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>
P	[M]	Beban maksimum
L	[L]	Panjang bentang
b	[L]	Lebar balok
d	[L]	Tinggi balok
ρ	[ML ³ T ³ A ²]	Nilai <i>resistivity</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>
GRT	: <i>Grouting</i>
JKT	: <i>Jacketing</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. *Curing*
Perawatan yang dilakukan untuk menjaga kelembapan/suhu beton sehingga beton tidak mengalami keretakan karena suhu yang terlalu tinggi.
3. *Slump*
Pengukuran tingkat kelacakan pada beton segar.
4. *Non-Destructive Test*
Mengevaluasi kualitas dan integritas suatu material tanpa merusaknya secara permanen.
5. Akselerasi Korosi
Pengujian korosi dengan menggunakan alat bantu DC untuk mempercepat proses pengkorosian.
6. *Workability*
Kemampuan kerja dalam pengadukan beton.
7. *Durability*
Kemampuan suatu material atau struktur untuk tetap kuat, tahan lama, dan mempertahankan kinerjanya selama periode waktu yang lama dalam kondisi penggunaan yang normal.