

TUGAS AKHIR

ANALISIS KOROSI PADA BETON MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS

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



Muhammad Adhafa Wibowo

20190110025

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

2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Adhafa Wibowo

NIM : 20190110025

Judul : Analisis Korosi pada Beton Dengan metode Resistivitas

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, 12 April 2023

Yang membuat pernyataan



Muhammad Adhafa Wibowo

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Adhafa Wibowo
NIM : 20190110025
Judul : Analisis Korosi pada Beton Dengan metode Resistivitas

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Evaluasi Beton Berkerat Menggunakan NDT *Method* 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, 12 April 2023

Penulis,



Muhammad Adhafa Wibowo

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:

Kedua 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 Hari Sulilowati dan Tri Wibowo 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.

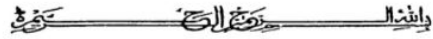
Tim Juri (Iqbal, Anisa, Yusuf, Gojo, Tania, Yogi, Rahardyan)

Terima kasih banyak atas kekeluargaan kita selama ini dari awal ketidak sengajaan hingga berakhir jadi sebuah kekeluargaan. Terima kasih sudah meluangkan waktu untuk membantu saya dalam meluangkan waktunya, terutama Iqbal dan Anisa. Atas bantuan dan dukungan kalian, akhirnya saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

SYNTAX 2019

Terimakasih banyak untuk kalian semua yang nggak mungkin bisa ku tulis satu - satu di sini. Terimakasih atas segala bentuk bantuan dan semangat yang kalian berikan selama ini. Tak terasa sudah hampir 7 tahun sejak pertama kali kita bertemu di jogja ini. Segala kenangan yang kalian berikan sangatlah berharga walaupun kalian ngeleselein semua dan sering melakukan banyak hal aneh. Tapi itulah yang membuatku merasa kalian adalah keluarga ku yang selalu selalu menemani selama 7 tahun ini selama saya merantau di jogja. Akhirnya aku 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. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Pendamping
4. Tri Wibowo dan Hari Susilowati, Yuta, Dara, Rahardyan, Audi, Ikbal, Anisa, 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

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	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	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
2.2 Dasar Teori	18
2.2.1 Beton	18
2.2.2 Penyusun Beton	19

2.2.3 Pemeriksaan Agregat	21
2.2.4 <i>Slump Test</i>	23
2.2.5 <i>Density</i>	23
2.2.6 Korosi.....	24
2.2.7 Akselerasi Korosi	24
2.2.8 NDT	25
2.2.9 <i>Resistivity</i>	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Bahan dan Materi	28
3.2 Alat.....	28
3.3 Bahan.....	34
3.4. Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.5. Tahapan Penelitian	37
3.6. Analisis Data	41
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Pengujian Material	42
4.1.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	42
4.1.2 Pengujian Gradasi Butir Agregat Halus	42
4.1.3 Pengujian Berat Isi Agregat Halus	43
4.1.4 Pengujian Kadar Air Agregat Halus	44
4.1.5 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	44
4.1.6 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	44
4.1.7 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	45
4.1.8 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	45
4.1.9 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	45
4.1.10 Pengujian Keausan Agregat Kasar.....	45

4.2	<i>Mix Design</i> Benda Uji.....	46
4.3	Hasil Pengujian <i>Slump</i>	47
4.4	Akselerasi Korosi	48
4.5	Hasil Pengujian Resistivitas	49
4.5.1	Pengaruh Mutu Beton Terhadap Nilai Resistivitas pada Metode <i>Curing</i> Rendam	55
4.5.2	Perbandingan Mutu Dengan Nilai Resistivitas pada <i>Curing</i> Karung Goni ..	56
4.5.3	Perbandingan Mutu Dengan Nilai Resistivitas pada <i>Curing</i> Udara	58
4.6	Hasil Pengujian Densitas.....	59
4.6.1	Hubungan antara Resistivitas dan Density pada Beton dengan Perbedaan Mutu	61
4.6.2	Hubungan antara Resistivitas dan Density pada Beton dengan Perbedaan Metode <i>Curing</i>	64
4.7	Hubungan antara Resistivitas dan Kuat Lentur.....	68
4.7.1	Hubungan antara Resistivitas dan Kuat Lentur pada Beton dengan Metode <i>Curing</i> yang berbeda.....	68
4.7.2	Hubungan antara Resistivitas dan Kuat Lentur pada Beton dengan Mutu yang berbeda	68
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		70
5.1	Kesimpulan	70
5.2	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN.....		76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Interpretasi aktivitas korosi.....	5
Tabel 2. 2 Hasil pengujian <i>resistivity</i> dengan variasi kedalaman <i>probe</i>	8
Tabel 2. 3 Data Eksperimental Dari Pengukuran Listrik Beton	11
Tabel 2. 4 Data Umum spesimen	12
Tabel 2. 5 Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan	15
Tabel 4. 1 Hasil pengujian agregat halus	44
Tabel 4. 2 Hasil pengujian agregat kasar	46
Tabel 4. 3 <i>Mix design</i> benda uji	46
Tabel 4. 4 Akselerasi korosi benda uji	48
Tabel 4. 5 Nilai resistivitas beton 26 MPa sebelum akselerasi korosi	49
Tabel 4. 6 Nilai Resistivitas Beton 30 MPa sebelum Akselerasi Korosi	50
Tabel 4. 7 Nilai Resistivitas Beton 32 MPa sebelum Akselerasi Korosi	51
Tabel 4. 8 Nilai Resistivitas Beton 26 MPa Sesudah Akselerasi Korosi	52
Tabel 4. 9 Nilai Resistivitas Beton 30 MPa Sesudah Akselerasi Korosi	53
Tabel 4. 10 Nilai Resistivitas Beton 32 MPa Sesudah Akselerasi Korosi	54
Tabel 4. 11 Nilai <i>Density</i> Benda Uji sebelum Akselerasi Korosi	59
Tabel 4. 12 Nilai <i>Density</i> Benda Uji setelah Akselerasi Korosi	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil pengujian laju korosi terhadap mutu beton.....	6
Gambar 2. 2 Deskripsi bagian alat <i>resistivity</i>	7
Gambar 2. 3 Skema pengujian <i>resistivity</i> pada beton silinder	8
Gambar 2. 4 Grafik hubungan kuat tekan dengan nilai <i>resistivity</i>	9
Gambar 2. 5 Grafik hubungan kofisien variasi dengan umur beton	10
Gambar 2. 6 Grafik hubungan <i>resisitvity</i> dengan usia beton	10
Gambar 2. 7 Hubungan faktor formasi pada beton dengan nilai <i>resisitvity</i>	11
Gambar 2. 8 Grafik hasil pengujian <i>resistivity</i> dengan beton model prediksi probalistik.....	13
Gambar 2. 9 Kondisi batas tulangan balok untuk sistem sambungan anoda-katoda	14
Gambar 2. 10 Metode akselerasi korosi (Su., dkk., 2019).....	25
Gambar 3. 1 <i>Concrete Mixer</i>	28
Gambar 3. 2 Kerucut <i>Abrams</i>	29
Gambar 3. 3 Batang Penusuk.....	29
Gambar 3. 4 Alas.....	30
Gambar 3. 5 Penggaris	30
Gambar 3. 6 Cetakan Balok Beton.....	31
Gambar 3. 7 Mesin <i>Los Angeles</i>	31
Gambar 3. 8 <i>Oven</i>	32
Gambar 3. 9 <i>Shaker</i>	32
Gambar 3. 10 <i>DC Power Supply</i>	33
Gambar 3. 11 Agregat kasar	34
Gambar 3. 12 Agregat Halus.....	35
Gambar 3. 13 Semen <i>Portland</i>	35
Gambar 3. 14 Air.....	36
Gambar 3. 15 Diagram <i>Flow</i> Penelitian.....	37
Gambar 3. 16 <i>Setup</i> akselerasi korosi benda uji	40
Gambar 3. 17 Ilustrasi skema pembagian sisi untuk uji <i>resistivity</i>	41
Gambar 3. 18 Pembagian sisi untuk uji <i>resistivity</i>	41
Gambar 4. 1 Grafik persen lolos kumulatif.....	43

Gambar 4. 2 Grafik hasil daerah gradasi 2.....	43
Gambar 4. 3 Grafik nilai resistivitas beton dengan <i>curing</i> rendam pada tulangan a	56
Gambar 4. 4 Grafik nilai resistivitas beton dengan <i>curing</i> rendam pada tulangan b	56
Gambar 4. 5 Grafik nilai resistivitas beton dengan <i>curing</i> karung goni tulangan a	57
Gambar 4. 6 Grafik nilai resistivitas beton dengan <i>curing</i> karung goni tulangan b	57
Gambar 4. 7 Grafik nilai resistivitas beton dengan <i>curing</i> udara tulangan a.....	58
Gambar 4. 8 Grafik nilai resistivitas beton dengan <i>curing</i> udara tulangan b.....	58
Gambar 4. 9 Grafik hubungan densitas dan resistivitas pada beton dengan perbedaan mutu sebelum korosi.....	61
Gambar 4. 10 Grafik hubungan densitas dan resistivitas pada beton dengan perbedaan mutu sesudah korosi	62
Gambar 4. 11 Grafik hubungan densitas dan resistivitas pada beton mutu 26 MPa sebelum dan sesudah korosi	62
Gambar 4. 12 Grafik hubungan densitas dan resistivitas pada beton mutu 30 MPa sebelum dan sesudah korosi	63
Gambar 4. 13 Grafik hubungan densitas dan resistivitas pada beton mutu 32 MPa sebelum dan sesudah korosi	64
Gambar 4. 14 Grafik hubungan densitas dan resistivitas dengan perbedaan jenis <i>curing</i> sebelum korosi	65
Gambar 4. 15 Grafik hubungan densitas dan resistivitas dengan perbedaan jenis <i>curing</i> sesudah korosi.....	65
Gambar 4. 16 Grafik hubungan densitas dan resistivitas pada beton dengan <i>curing</i> karung goni sebelum dan sesudah korosi.....	66
Gambar 4. 17 Grafik hubungan densitas dan resistivitas pada beton dengan <i>curing</i> rendam sebelum dan sesudah korosi	67
Gambar 4. 18 Grafik hubungan densitas dan resistivitas pada beton dengan <i>curing</i> udara sebelum dan sesudah korosi	67

Gambar 4. 19 Grafik hubungan lentur dan resistivitas pada beton dengan Jenis <i>curing</i> berbeda.....	68
Gambar 4. 20 Grafik hubungan lentur dan resistivitas pada beton dengan mutu berbeda	69
Gambar 4. 21 Tampak atas keruntuhan pada benda uji mutu K-300.....	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.....	76
Lampiran 2. Pengujian gradasi butir agregat halus.....	78
Lampiran 3. Pengujian berat isi agregat halus.....	80
Lampiran 4. Pengujian kadar air agregat halus.....	81
Lampiran 5. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	82
Lampiran 6. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.....	83
Lampiran 7. Pengujian kadar air agregat kasar.....	85
Lampiran 8. Pengujian kadar lumpur agregat kasar.....	86
Lampiran 9. Pengujian berat isi agregat kasar.....	87
Lampiran 10. Pengujian keausan agregat kasar.....	88
Lampiran 11. Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton ACI 211.1 – 91 FAS 0,477	
Mutu Beton 26 MPa.....	89
Lampiran 12. Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton ACI 211.1 – 91 FAS 0,437	
Mutu Beton 30 MPa.....	91
Lampiran 13. Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton ACI 211.1 – 91 FAS 0,42	
Mutu Beton 32 MPa.....	93

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
$f'c$	[MPa]	Kuat tekan beton berumur 28 hari
ρ	[k Ω cm]	Nilai resistivitas
V/I	[Ω]	Hambatan listrik
$f'c$	[M] [L ⁻²]	Kuat tekan
R	[M] [L ⁻²]	Modulus runtuh
P	[M]	Beban maksimum
V	[L ³]	Volume
W	[M]	Berat
D	[L]	Diameter
T	[L]	Tinggi
L	[L]	Panjang Bentang
ft	[M] [L ⁻²]	Kuat Lentur

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>

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 merancang 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. *Destructive Test*
Jenis tes yang melibatkan kerusakan atau penghancuran sengaja pada sebuah material, komponen, atau sistem untuk mengevaluasi kinerjanya.
7. *Serviceability*
Kemampuan suatu struktur untuk memberikan kinerja yang memadai dan layanan yang diinginkan dalam keadaan normal penggunaan dan pemeliharaan.
8. *Durable*
Kemampuan suatu bahan atau struktur untuk tetap kuat, tahan lama, dan mempertahankan kinerjanya selama periode waktu yang lama dalam kondisi penggunaan yang normal atau ekspektasi umur pakainya.
9. *Screening*
Proses pemeriksaan awal atau berkala dalam suatu struktur untuk mengetahui suatu kerusakan dan kecacatan lebih awal.