

TUGAS AKHIR
PENGARUH AKSELERASI KOROSI BAGIAN LAPANGAN TERHADAP
KUAT LENTUR

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



Disusun oleh:

Firda Ulfah Maulani

20190110187

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Firda Ulfah Maulani
NIM : 20190110187
Judul : Pengaruh Akselerasi Korosi Bagian Lapangan Terhadap
Kuat Lentur

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, 8 Juli 2023

Yang membuat pernyataan



Firda Ulfah Maulani

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Firda Ulfah Maulani

NIM : 20190110187

Judul : Pengaruh Akselerasi Korosi Bagian Lapangan Terhadap
Kuat Lentur

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Evaluasi Beton Berkarat Menggunakan NDT *Method* dan didanai melalui skema hibah kolaboratif luar negeri oleh Lembaga Riset dan Inovasi (R-LRI) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun 2022 dengan nomor hibah 56/R-LRI/XII/2022.

Yogyakarta, 8 Juli 2023

Penulis,



Firda Ulfah Maulani

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, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada saya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

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

Terima kasih kepada Ir. Ahmad Zaki S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang telah memberikan bimbingan selama ini hingga akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Kepada Orang Tua

Terima kasih kepada Bapak dan Ibu yang tak henti-hentinya memberikan dukungan yang luar biasa serta kakak penulis dimana dengan dukungan dan bantuan moril dari kalian, penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

Kepada Tim Tugas Akhir (Lilis, Yana, Chanief, Adhafa, Iqbal, Khairil, Prasil, Tania, Fahri, Afifi, Rivky, Wira, Yogi, Annisa)

Terima kasih kepada teman-teman yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Kepada Sabrina dan Indah

Terima kasih telah memberikan semangat dan menjadi tempat untuk bercerita kendala-kendala skripsi dan perkuliahan selama di Kos.

Kepada Teman-Teman

Terima kasih kepada teman-teman yang tidak bisa disebut satu-satu. Terima kasih atas dukungan dan bantuannya selama perkuliahan.

Kepada Yudha Pratama, S.T.

Terima kasih karena sudah memberikan dukungan selama 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 akselerasi korosi bagian lapangan terhadap kuat lentur.

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. Orang Tua dan Saudara saya yang telah memberikan banyak dukungan, doa serta nasihat dalam menyusun tugas akhir ini hingga dapat selesai dengan baik
5. Sahabat serta teman-teman seperjuangan yang telah membantu, menyemangati serta menemani saya dalam penyelesaian 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, 8 Juli 2023

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'F' followed by a series of vertical lines and a long horizontal stroke extending to the right.

Firda Ulfah Maulani

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR ISTILAH	vii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xix
DAFTAR ISTILAH	xx
ABSTRAK.....	xxi
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 Tinjauan Pustaka	5
2.1.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	14
2.3 Dasar Teori.....	16
2.3.1 Beton	16
2.3.2 Material Penyusun beton ringan.....	16
2.3.3 Pemeriksaan agregat.....	18
2.3.4 Slump Beton.....	20

2.3.5	<i>Curing</i> atau perawatan beton	21
2.3.6	Korosi	21
2.3.7	Mekanisme korosi baja pada beton	23
2.3.8	Pengujian Korosi	24
2.3.9	Density	24
2.3.10	Kuat Lentur Beton	25
2.3.11	Daktilitas pada Beton	28
2.3.12	Kekakuan pada beton	28
2.3.13	Defleksi pada Beton	29
2.3.14	Pola Keruntuhan Balok Beton	29
BAB III METODE PENELITIAN.....		32
3.1	Bahan atau Materi	32
3.2	Alat	34
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian	40
3.4	Tahapan Penelitian	40
3.5	Prosedur Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Material	42
3.5.1	Pengujian Agregat Halus	42
3.5.2	Pengujian Agregat Kasar	43
3.6	Desain Benda Uji	43
3.7	Perencanaan <i>Mix Design</i> Campuran Beton	44
3.8	Pembuatan Benda Uji	44
3.9	Pengujian Slump	45
3.10	Perawatan Beton (<i>Curing</i>)	46
3.11	Akselerasi Korosi pada Benda Uji	46
3.12	Pengujian Kuat Lentur Beton	48
3.13	Analisis Data	49
BAB IV PEMBAHASAN.....		50
4.1	Pengujian Sifat Penyusun Beton	50
4.2	Pengujian Agregat Kasar	50
4.2.1	Pengujian Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar	50
4.2.2	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	50

4.2.3	Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	51
4.2.4	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	51
4.2.5	Pengujian Keausan Agregat Kasar	51
4.3	Pengujian Agregat Halus	51
4.3.1	Pengujian Gradasi Butir Agregat Halus	51
4.3.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	53
4.3.3	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	53
4.3.4	Pengujian Berat Isi Agregat Halus	53
4.3.5	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	53
4.4	<i>Mix Design</i>	53
4.5	Uji <i>Slump</i> Beton	54
4.6	Proses Pengujian Korosi	55
4.7	Densitas Beton	59
4.8	Beban Defleksi	61
4.9	Daktilitas	64
4.10	Kekakuan Beton	65
4.11	Kuat Lentur Beton	67
4.12	Hubungan kuat lentur dan densitas	69
4.13	Pola keruntuhan	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran	77
DAFTAR PUSTAKA		xxiii
LAMPIRAN		xxvii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik hasil lendutan (Zaki dkk, 2017).....	6
Gambar 2. 2 Diagram perbandingan kuat lentur (Ahmad dkk, 2018).	6
Gambar 2. 3 Hasil kapasitas beban tiap benda uji berkarat pada persentase serat propilene 0% (Bicer dkk, 2018).	8
Gambar 2. 4 Perbandingan perilaku lentur dengan penelitian sebelumnya (Alabduljabbar dkk, 2020)	9
Gambar 2. 5 Grafik hubungan kuat lentur dengan persen fly ash (Rao dkk, 2016)...	10
Gambar 2. 6 Kuat lentur untuk batch beton seri-R (Nasser dkk, 2021).....	12
Gambar 2. 7 Kuat lentur untuk batch beton seri-S (Nasser dkk, 2021)	12
Gambar 2. 8 Hubungan antara rugi penampang dan lebar retak (Nasser dkk, 2021)	13
Gambar 2. 9 Reaksi korosi pada tulangan (Broomfield, 2003)	23
Gambar 2.10 Ilustrasi skema korosi baja tulangan dalam beton sebagai proses elektrokimia (Ahmad, 2003)	24
Gambar 2.11 Skema model korosi baja dengan adanya ion klorida (Kamimura dkk., 2012)	24
Gambar 2.12 Pengujian kuat lentur pembebanan satu titik.....	26
Gambar 2.13 Skema pengujian kuat lentur dengan pembebanan terpusat.....	27
Gambar 2.14 Lokasi retak berada di daerah pusat	28
Gambar 2.15 Lokasi retak berada di luar pusat.....	28
Gambar 2.16 Contoh kurva beban-defleksi (Kawasaki dkk. , 2014).....	29
Gambar 2.17 Pola keruntuhan lentur	30
Gambar 2.18 Pola keruntuhan tekan geser.....	30
Gambar 2.19 Pola keruntuhan tarik diagonal.....	31
Gambar 3. 1 Agregat halus (pasir)	32
Gambar 3. 2 Agregat kasar (kerikil)	32
Gambar 3. 3 Semen	33
Gambar 3. 4 Air.....	33
Gambar 3. 5 Besi tulangan.....	34
Gambar 3. 6 Garam dapur.....	34

Gambar 3. 7 Satu set ayakan.....	35
Gambar 3. 8 Timbangan digital	35
Gambar 3. 9 <i>Mini concrete mixer</i>	36
Gambar 3. 10 Kerucut <i>Abrams</i>	36
Gambar 3. 11 Batang penumbuk.....	36
Gambar 3. 12 Alas baja.....	37
Gambar 3. 13 Penggaris	37
Gambar 3. 14 Cetakan benda uji	38
Gambar 3. 15 <i>Stayrofoam</i>	38
Gambar 3. 16 Kawat bendrat	38
Gambar 3. 17 <i>D.C power supply</i>	39
Gambar 3. 18 Nampan	39
Gambar 3. 19 <i>Universal testing machine</i>	40
Gambar 3. 20 Diagram alir bagian 1	40
Gambar 3. 21 Diagram alir bagian 2.....	41
Gambar 3. 22 Pengujian berat agregat halus.....	42
Gambar 3. 23 Pengujian berat agregat kasar.....	43
Gambar 3. 24 Desain uji.....	43
Gambar 3. 25 Pengujian Slump	45
Gambar 3. 26 <i>Curing</i> dengan direndam air.....	46
Gambar 3. 27 Akselerasi korosi pada tulangan tekan.....	47
Gambar 3. 28 Akselerasi korosi pada tulangan tarik	47
Gambar 3. 29 Akselerasi korosi	48
Gambar 3. 30 Skema pengujian kuat lentur	48
Gambar 3. 31 Pengujian kuat lentur.....	48
Gambar 4. 1 Grafik hubungan persen lolos kumulatif dan ukuran saringan pada daerah gradasi 2.....	52
Gambar 4. 2 Besi Te 1 korosi 4%	56
Gambar 4. 3 Besi Te 4 korosi 5%	56
Gambar 4. 4 Besi Te 5 korosi 8%	56

Gambar 4. 5 Besi Te 8 korosi 9%	56
Gambar 4. 6 Besi Te 3 korosi 13%	56
Gambar 4. 7 Besi Te 7 korosi 14%	56
Gambar 4. 8 Besi Ta 2 korosi 4%	57
Gambar 4. .9 Besi Ta 6 korosi 5%	57
Gambar 4. 10 Besi Ta 3 korosi 8%	57
Gambar 4. 11 Besi Ta 5 korosi 9%	57
Gambar 4. 12 Besi Ta 2 korosi 12%	57
Gambar 4. 13 Besi Ta 6 korosi 14%	57
Gambar 4. 14 Besi Ta 4 korosi 15%	57
Gambar 4. 15 Besi Ta 16 korosi 16%	57
Gambar 4. 16 Baja tulangan setelah korosi.....	59
Gambar 4. 17 Grafik Selisih Densitas Sebelum dan Sesudah Korosi terhadap persen korosi tulangan tekan.....	61
Gambar 4. 18 Grafik Selisih Densitas Sebelum dan Sesudah Korosi terhadap persen korosi tulangan tarik	62
Gambar 4. 19 Grafik hubungan beban-defleksi	62
Gambar 4. 20 Grafik hubungan beban maksimum dan persen korosi	64
Gambar 4. 21 Grafik hubungan defleksi dan persen korosi.....	65
Gambar 4. 22 Grafik hubungan daktilitas dan persen korosi.....	66
Gambar 4. 23 Hubungan kekakuan dan persen korosi.....	68
Gambar 4. 24 Grafik hubungan persen korosi dengan hasil pengujian kuat lentur	70
Gambar 4. 25 Grafik hubungan kuat lentur dengan densitas pada benda uji terkorosi tulangan tekan	71
Gambar 4. 26 Grafik hubungan kuat lentur dengan densitas pada benda uji terkorosi tulangan tarik	72
Gambar 4. 27 Pola keruntuhan Te 1 korosi 4%	73
Gambar 4. 28 Pola keruntuhan Te 4 korosi 5%	73

Gambar 4. 29 Pola keruntuhan Te 5 korosi 8%	74
Gambar 4. 30 Pola keruntuhan Te 8 korosi 9%	74
Gambar 4. 31 Pola keruntuhan Te 3 korosi 13%	74
Gambar 4. 32 Pola keruntuhan Te 7 korosi 14%	74
Gambar 4. 33 Pola keruntuhan Te 2 korosi 16%	75
Gambar 4. 34 Pola keruntuhan Te 7 korosi 17%	75
Gambar 4. 35 Pola keruntuhan Ta 1 korosi 4%	75
Gambar 4. 36 Pola keruntuhan Ta 5 korosi 5%	75
Gambar 4. 37 Pola keruntuhan Ta 3 korosi 8%	76
Gambar 4. 38 Pola keruntuhan Ta 8 korosi 9%	76
Gambar 4. 39 Pola keruntuhan Ta 2 korosi 12%	76
Gambar 4. 40 Pola keruntuhan Ta 6 korosi 14%	76
Gambar 4. 41 Pola keruntuhan Ta 4 korosi 15%	77
Gambar 4. 42 Pola keruntuhan Ta 7 korosi 16%	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil uji kuat lentur (Otunyo & Charles, 2017).....	7
Tabel 2. 2 Hasil pengujian kuat lentur (Kennedy dkk, 2018).....	11
Tabel 2. 3 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang	23
Tabel 2. 4 Nilai <i>slump</i> untuk beton	23
Tabel 3. 1 <i>Mix Desain</i> per 1 m ³	43
Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan gradasi butiran agregat halus	51
Tabel 4. 2 Kebutuhan <i>mix design</i> per 1 m ³	53
Tabel 4. 3 Hasil Uji <i>Slump</i> beton	54
Tabel 4. 4 Perhitungan korosi menggunakan hukum <i>Faraday</i>	55
Tabel 4. 5 Persentase kehilangan massa tiap tulangan.....	58
Tabel 4. 6 Nilai Densitas beton sebelum dan sesudah korosi	59
Tabel 4. 7 Nilai beban defleksi setiap benda uji	63
Tabel 4. 8 Nilai daktilitas setiap benda uji	65
Tabel 4. 9 Nilai kekakuan setiap benda uji	67
Tabel 4. 10 Hasil pengujian kuat lentur pada beton.....	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian gradasi butir agregat halus	xxxvii
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	xxix
Lampiran 3. Pengujian berat isi agregat halus	xxxii
Lampiran 4. Pengujian kadar air agregat halus	xxxiii
Lampiran 5. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	xxxiii
Lampiran 6. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	xxxiv
Lampiran 7. Pengujian berat isi agregat kasar	xxxvi
Lampiran 8. Pengujian kadar air agregat kasar	xxxvii
Lampiran 9. Pengujian kadar lumpur agregat kasar.....	xxxvii
Lampiran 10. Pengujian keausan agregat kasar	xxxix
Lampiran 11. Perhitungan <i>Mix Design</i> Beton ACI 211.1 – 91 FAS 0,437 Mutu Beton 30 MPa..	xl
Lampiran 12. Perhitungan kapasitas lentur.....	xlii
Lampiran 13. Perhitungan kuat lentur.....	xliv

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
f^c	[M] [L ⁻²]	Kuat tekan
R	[M] [L ⁻²]	Modulus runtuh
A	[L ²]	Luas efektif
P	[M]	Beban maksimum
V	[L ³]	Volume
W	[M]	Berat
D	[L]	Diameter
T	[L]	Tinggi
P	[M]	Beban Maksimum
L	[L]	Panjang Bentang
b	[L]	Lebar Balok
d	[L]	Tinggi Balok
I	[L ⁴]	Momen Inersia
Mr	[M] [L]	Momen Rencana
Y	[L]	Jarak Ke Sumbu Netral
M	[-]	Nomor Atom Logam
F/t	[M] [L ⁻²]	Kuat Lentur
F	[I/T]	Konstata <i>Faraday</i>
I	[I]	Arus listrik
t	[T]	Durasi
m	[M]	Massa
z	[-]	Elektron yang bereaksi
O	[-]	Oksigen
Fe	[-]	Besi
H	[-]	Hidrogen
H ₂ O	[-]	Air
Cl	[-]	Klorin
NaCl	[-]	Natrium Klorida

DAFTAR SINGKATAN

MHB	: Modulus Halus Butir
SNI	: Standar Nasional Indonesia
BSN	: Badan Standar Nasional
PBI	: Peraturan Beton Bertulang
SDA	: Sumber Daya Alam
NDT	: <i>Non-Destructive Test</i>
ACI	: <i>American Concreate Institute</i>
PCC	: <i>Portland Composite Cement</i>
ASTM	: <i>American Standard Testing Material</i>
SSD	: <i>Satured Surface Dry</i>
DC	: <i>Direct Current</i>

DAFTAR ISTILAH

1. *Optimum*
Komposisi terbaik yang digunakan dalam sebuah campuran.
2. *Curing*
Perawatan yang dilakukan untuk mencegah keretakan pada beton akibat proses hidrasi, yang dapat menurunkan kekuatan beton.
3. *Mix Design*
Pekerjaan merencanakan 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*
Suatu Pengetesan beton tanpa merusak struktur dari beton tersebut.
6. *Serviceability*
Hilangnya pelayanan pada struktur beton bertulang.
7. *Workability*
Kemudahan dalam melaksanakan pengadukan beton.
8. *Accelerated corrosion test*
Pengujian korosi dengan menggunakan alat bantu DC untuk mempercepat durasi korosi.
9. Korosi
Kerusakan logam akibat reaksi dengan lingkungan yang korosif.