

TUGAS AKHIR

**PENGARUH *REPAIR* BETON KOROSI PADA KUAT LENTUR
DENGAN METODE *GROUTING* DAN *JACKETING***

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



Disusun oleh:

Fadila Rizka Afifi

20190110159

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2023**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadila Rizka Afifi
NIM : 20190110159
Judul : Pengaruh *Repair* Beton Korosi pada Kuat Lentur
dengan Metode *Grouting* dan *Jacketing*

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,²⁴ Juli 2023

Yang membuat pernyataan



Fadila Rizka Afifi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadila Rizka Afifi

NIM : 20190110159

Judul : Pengaruh *Repair* Beton Korosi pada Kuat Lentur dengan Metode *Grouting* dan *Jacketing*

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Pengaruh *Repair* Beton Korosi pada Kuat Lentur dengan Metode *Grouting* dan *Jacketing* dan didanai melalui skema hibah pada tahun 2022/2023 oleh Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2022/2023 dengan nomor hibah penelitian payung: Judul: *Effect of Corrosion Concrete Repair on Flexural Strength by Grouting and Jacketing Methods Environmental* (nomor 16/R-LRI/I/2023)

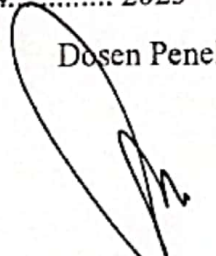
Yogyakarta, ^{24 Juli}..... 2023

Penulis,



Fadila Rizka Afifi

Dosen Peneliti,



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Alhamdu lillahi rabbil'alam in 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:

Abi Chaerul dan Ibu Eva

Saya selalu bersyukur atas semua pelajaran dan rasa kasih yang telah abi dan ibu berikan seumur hidup saya. Terimakasih untuk Abi yang selalu membukakan pintu diatas jam 11:00 a.m. dengan rasa kantuknya ketika saya pulang mengerjakan tugas dan TA. Terimakasih untuk Ibu yang selalu memanggil turun ke lantai bawah untuk makan, dan bertukar cerita —yang telah 1000x diceritakan—. *Alhamdulillah*, semua harap dan senyum itu telah membantu saya menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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

“Jangan takut Fadila, pasti bisa.”

Al-hamdu lillahi rabbil'alam in, beribu terimakasih untuk pak Zaki selaku dosen pembimbing atas semua ilmu, pengetahuan, nasihat, dan semangatnya dalam membimbing saya sampai akhirnya Tugas Akhir saya terselesaikan.

Abang, Rahma, dan dek Fatma

Tahun ke-20. Terimakasih untuk tawa, tangis, dan kelima *love language* yang selalu diberikan. 2023 adalah tahun yang paling saya syukuri atas cerita-ceritanya. *Thank you for being part of my Tugas Akhir. Thank you for always being my home;*

Tim Biru : Wira, Rivky, Bubi, Fahri

Tim biru yang selalu menganggap saya cowok, *Thank you for making me stronger with your strength.* Terimakasih atas pembagian tugas dan seluruh bantuannya selama Tugas Akhir ini. Terimakasih atas perjalanan dan pertemuannya di Lab struktur.

Grup Titi: Aida, Mila, Nida, Zahida

Terimakasih grup titi atas do'a, dan semangatnya di dunia nyata maupun maya. Terimakasih selalu memberi ruang pilihan antara bertemu atau berjuang tugas dan TA. *Thankyou for being part of my tears for 8 years.*

Ada seseorang pernah berkata,
“Sepotong besi rusak karena karatnya sendiri.
Maka, berhentilah gelisah dan berpikir berlebihan, jangan biarkan dirimu rusak
karena pikiranmu sendiri.”

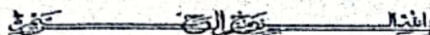
Penelitian ini membuat saya semakin mengerti
Beton pada kolom bangunan mem-*protect* besi dari karatnya;
Maka, lingkungan itu juga penting.
Lingkungan itu juga bisa diperbaiki,
Jika kita mau.

This story begins

*“Effect of Corrosion Concrete Repair on Flexural Strength by Grouting and
Jacketing Methods”*

;

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.

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
2. Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu setia membimbing
3. Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji dengan segala masukan-masukan baiknya.

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, 10 Juni 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

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.....	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
DAFTAR ISTILAH	xx
ABSTRAK	xxi
ABSTRACT	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.1.1 Penelitian Terdahulu	6
2.1 Dasar Teori	20
2.2.1 Beton	20
2.2.2 Beton Bertulang	20
2.2.3 Bahan Penyusun Beton	21
2.2.4 Pemeriksaan Agregat	23
2.2.5 <i>Slump test</i>	26
2.2.6 Korosi.....	26
2.2.7 Korosi pada Beton Bertulang.....	27
2.2.8 <i>Repair</i>	30
2.2.9 <i>Repair Grouting</i>	30
2.2.10 <i>Repair Jacketing</i>	31

2.2.11	Kuat Lentur Beton.....	32
2.2.12	Pola Keruntuhan.....	34
BAB III	METODE PENELITIAN.....	36
3.1	Bahan atau Material.....	36
3.2	Alat	38
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	45
3.4	Tahapan Penelitian.....	46
3.4.1.	Studi Pustaka.....	48
3.4.2.	Persiapan Alat dan Bahan	48
3.4.3.	Pengujian Material	48
3.4.4.	<i>Mix design</i> Beton.....	52
3.4.5.	Pembuatan Benda Uji.....	52
3.4.6.	Pengujian <i>Slump</i>	53
3.4.7.	Proses <i>Curing</i>	53
3.4.8.	Proses Akselerasi Korosi.....	53
3.4.9.	Proses <i>repair</i> dengan metode <i>Grouting</i> dan <i>Jacketing</i>	54
3.4.10.	Pengujian Kuat Lentur Beton.....	58
3.5	Analisis Data.....	59
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	60
4.1	Pengujian Material pada Agregat Halus	60
4.1.1.	Pengujian Gradasi Butir Agregat Halus.....	60
4.1.2.	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	61
4.1.3.	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	62
4.1.4.	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	62
4.2	Pengujian Material pada Agregat Kasar	63
4.2.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	63
4.2.2	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	63
4.2.3	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	63
4.2.4	Pengujian Keausan Agregat Kasar.....	63
4.3	<i>Mix design</i>	64
4.4	<i>Slump</i>	65
4.5	Akselerasi Korosi	65
4.6	Perusakan Benda Uji dengan Pembebanan.....	67
4.7	<i>Mix design</i> Mortar	68
4.8	Tekan silinder	68
4.9	Tekan Mortar	69

4.10 Hubungan antara <i>Repair</i> metode <i>Grouting</i> dengan Kuat Lentur.....	69
4.11 Hubungan antara <i>Repair</i> metode <i>Jacketing</i> dengan Kuat Lentur.....	71
4.12 Hubungan Antara <i>Repair</i> metode <i>Grouting</i> dengan <i>Jacketing</i> terhadap Kuat Lentur.....	73
4.13 Daktilitas.....	75
4.14 Kekakuan.....	76
4.15 Pola Keruntuhan	77
4.15.1 Pola Keruntuhan Beton pada Metode <i>Repair Grouting</i>	78
4.15.2 Pola Keruntuhan Beton pada Metode <i>Repair Jacketing</i>	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	xxi
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil uji tekan untuk benda uji beton kubus (Maulana, 2019)	8
Tabel 2.2 Hasil uji tekan untuk benda uji beton balok (Maulana, 2019).....	9
Tabel 2.3 Hasil benda uji balok (Siad <i>et al.</i> , 2017).....	12
Tabel 2.4 Perbedaan penelitian terdahulu dan saat ini	18
Tabel 3.1 <i>Mix design</i> beton per benda uji	52
Tabel 3.2 Variasi Spesimen.....	52
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Butir Agregat Halus	60
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Agregat Halus	62
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar	64
Tabel 4.4 <i>Mix design</i> per 1m ³	64
Tabel 4.5 <i>Mix design</i> per Benda Uji.....	64
Tabel 4.6 Hasil pengujian <i>slump</i>	65
Tabel 4.7 Hasil Akselerasi Korosi Benda Uji	66
Tabel 4.8 <i>Mix Desain Mortar Repair</i> per 1m ³	68
Tabel 4.9 <i>Mix Desain Mortar Repair</i> per Benda Uji.....	68
Tabel 4.10 Hasil Kuat Tekan Silinder.....	69
Tabel 4.11 Hasil Kuat Tekan Mortar	69
Tabel 4.12 Hasil Kuat Lentur Metode <i>Grouting</i>	70
Tabel 4.13 Hasil Kuat Lentur Metode <i>Jacketing</i>	72
Tabel 4.14 Hasil Kuat Lentur metode <i>Grouting</i> dan <i>Jacketing</i>	74
Tabel 4.15 Hasil Daktilitas Benda Uji Beton.....	75
Tabel 4.16 Hasil Nilai Kekakuan pada Benda Uji Beton.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram hasil uji kapasitas kolom metode concrete <i>jacketing</i> (Pasila <i>et al.</i> , 2016)	7
Gambar 2.2 Hasil pengujian kapasitas beban aksial kolom 150x150x500 mm (Pasila <i>et al.</i> , 2016)	7
Gambar 2.3 Contoh salah satu dimensi penampang benda uji (Soebandono dan Andreas Triwiyono, 2011).....	9
Gambar 2.4 Grafik peningkatan kapasitas beban ultimit (Soebandono dan Andreas Triwiyono, 2011)	10
Gambar 2.5 Dimensi kolom kondisi <i>Jacketing</i> (Soenaryo <i>et al.</i> , 2012)	10
Gambar 2.6 Geometri benda uji balok (Siad <i>et al.</i> , 2017)	11
Gambar 2.7 Perbandingan kedua metode perbaikan (Siad <i>et al.</i> , 2017).....	12
Gambar 2.8 Lima perbedaan teknik <i>repair</i> pada <i>crack</i> pelat bertulang (a) S2, (b) S3, (c) S4, (d) S5, dan (e) S6 (Thanoon <i>et al.</i> , 2005)	13
Gambar 2.9 Beban ultimit untuk tipe pelat 1–6 (Thanoon <i>et al.</i> , 2005)	14
Gambar 2.10 Detail tulangan kolom (a) Tanpa jaket, dan (b) Kolom berjaket (Sudha <i>et al.</i> , 2022)	15
Gambar 2.11 Keruntuhan kolom RC setelah pembebanan 75% (Sudha <i>et al.</i> , 2022).....	15
Gambar 2.12 Grafik beban vs lendutan kolom RC setelah dibebani (Sudha <i>et al.</i> , 2022).....	15
Gambar 2.13 Grafik beban vs defleksi Kolom berjaket RC (Sudha <i>et al.</i> , 2022) 16	
Gambar 2.14 Detail geometri spesimen (Yoo dan Shin, 2021)	17
Gambar 2.15 Reaksi kimia korosi (Fahira, 2007)	28
Gambar 2.16 Reaksi korosi pada tulangan (Broomfield, 2003).....	29
Gambar 2.17 Metode akselerasi korosi (Su <i>et al.</i> , 2022).....	29
Gambar 2.18 Metode penuangan <i>Grouting</i> (Thanoon <i>et al.</i> , 2005).....	31
Gambar 2.19 Contoh Perbaikan dengan metode <i>jacketing</i> Menurut (Sudha <i>et al.</i> , 2022)	32
Gambar 2.20 Skema pengujian kuat lentur dengan pembebanan terpusat (BSN, 2011c)	32

Gambar 2.21 Pengujian kuat lentur menggunakan dua titik pembebanan (BSN, 2011c)	33
Gambar 2.22 Pola geser (Puspita <i>et al.</i> , 2018).....	35
Gambar 2.23 Pola Lentur (Puspita <i>et al.</i> , 2018).....	35
Gambar 2.24 Pola geser-lentur (Puspita <i>et al.</i> , 2018)	35
Gambar 3.1 Agregat Halus.....	36
Gambar 3.2 Agregat Kasar.....	36
Gambar 3.3 Semen.....	37
Gambar 3.4 Tulangan Baja	37
Gambar 3.5 Air.....	37
Gambar 3.6 Kawat bendrat	38
Gambar 3.7 <i>Bonding Adhesive</i>	38
Gambar 3.8 Sekop.....	39
Gambar 3.9 Nampan	39
Gambar 3.10 Timbangan Digital.....	39
Gambar 3.11 Kerucut <i>Abrams</i>	40
Gambar 3.12 Batang Penumbuk	40
Gambar 3.13 Bekisting.....	40
Gambar 3.14 <i>Mini Concrete Mixer</i>	41
Gambar 3.15 Alas baja.....	41
Gambar 3.16 Meteran.....	42
Gambar 3.17 <i>Styrofoam</i>	42
Gambar 3.18 <i>Erlenmeyer</i>	42
Gambar 3.19 Gelas Ukur.....	43
Gambar 3.20 Oven	43
Gambar 3.21 Ayakan	43
Gambar 3.22 <i>Sieve Shaker</i>	44
Gambar 3.23 Mesin Los Angeles.....	44
Gambar 3.24 <i>Universal Machine Test</i>	45
Gambar 3.25 <i>Pointing Brick Grouting</i>	45
Gambar 3.26 Diagram alir tahapan pengujian	46
Gambar 3.27 Pengujian berat jenis dan penyerapan air.....	49

Gambar 3.28 Pengujian berat jenis dan penyerapan air	49
Gambar 3.29 Pengujian kadar air	50
Gambar 3.30 Pengujian Gradasi Butiran Halus	50
Gambar 3.31 Pengujian keausan	51
Gambar 3.32 Pengujian kadar lumpur	51
Gambar 3.33 Dimensi benda uji Balok	52
Gambar 3.34 Mengukur ketinggian nilai slump	53
Gambar 3.35 Skema pengujian laju korosi	54
Gambar 3.36 proses <i>repair</i> metode <i>grouting</i> (a) Sebelum <i>grouting</i> , dan (b) Setelah <i>grouting</i>	55
Gambar 3.37 Benda uji dibobok	55
Gambar 3.38 Benda uji diberi <i>Bonding adhesive</i>	56
Gambar 3.39 Proses <i>grouting</i> menggunakan bahan mortar	56
Gambar 3.40 Proses <i>repair</i> metode <i>Jacketing</i>	56
Gambar 3.41 Benda uji disayat menggunakan mesin gerinda	57
Gambar 3.42 Benda uji diberi <i>Bonding adhesive</i>	57
Gambar 3.43 Proses <i>jacketing</i> menggunakan bahan mortar	58
Gambar 3.44 Proses pengujian kuat lentur	58
Gambar 4.1 Grafik persen lolos kumulatif	61
Gambar 4.2 Grafik hasil daerah gradasi 2	61
Gambar 4.3 Proses Akselerasi Korosi	67
Gambar 4.4 Hasil Akselerasi korosi pada tulangan dan beton (a) 20%, (b) 25%, dan (c) 30%	67
Gambar 4.5 Grafik hubungan kuat lentur <i>grouting</i> dengan tingkat korosi	71
Gambar 4.6 Grafik hubungan kuat lentur <i>jacketing</i> dengan tingkat korosi	73
Gambar 4.7 Grafik hubungan <i>repair grouting</i> dan <i>jacketing</i> terhadap kuat lentur	74
Gambar 4.8 Grafik nilai daktilitas benda uji	76
Gambar 4.9 Grafik nilai kekakuan benda uji	77
Gambar 4.10 Pola keruntuhan benda uji (a) GRT 20A dan (b) GRT 20B	78
Gambar 4.11 Pola keruntuhan benda uji (a) GRT 25A dan (b) GRT 25B	78
Gambar 4.12 Pola keruntuhan benda uji (a) GRT 30A dan (b) GRT 30B	78

Gambar 4.13 Pola keruntuhan benda uji (a) JKT 20A dan (b) JKT 20B.....	79
Gambar 4.14 Pola keruntuhan benda uji (a) JKT 25A dan (b) JKT 25B.....	79
Gambar 4.15 Pola keruntuhan benda uji (a) JKT 30A dan (b) JKT 30B.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian gradasi butir agregat halus	xxiv
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	xxvi
Lampiran 3. Pengujian kadar air agregat halus	xxviii
Lampiran 4. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	xxix
Lampiran 5. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	xxx
Lampiran 6. Pengujian kadar air agregat kasar	xxxii
Lampiran 7. Pengujian kadar lumpur agregat kasar.....	xxxiii
Lampiran 8. Pengujian keausan agregat kasar	xxxiv
Lampiran 9. Perhitungan Mix Design Beton ACI 211.1 – 91 FAS 0,54 Mutu Beton 30 MPa	xxxv
Lampiran 10. Perhitungan Mix Design Mortar berdasarkan SNI 03-6882-2002	xxxvii
Lampiran 11. Perhitungan Konversi Kuat Tekan Mortar Kubus menjadi Silinder berdasarkan ASTM	xxxviii

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>
F_{lt}	$[M][L^{-2}]$	Kuat lentur
P	[M]	Beban maksimum
L	[L]	Panjang bentang
b	[L]	Lebar balok
d	[L]	Tinggi balok

DAFTAR SINGKATAN

MHB	= Modulus Halus Butir
SNI	= Standar Nasional Indonesia
BSN	= Badan Standar Nasional
GRT	= <i>Grouting</i>
JKT	= <i>Jacketing</i>
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
ACI	= <i>American Concrete Institute</i>
PCC	= <i>Portland Composite Cement</i>
ASTM	= <i>American Standard Testing Material</i>

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 Power Supply* untuk mempercepat proses pengkorosian.
5. *Direct Current*
Arus yang dialiri merupakan arus listrik dengan arus searah.
6. *Grouting*
Metode perbaikan retak beton dengan cara menyuntikan bahan perekat berupa mortar.
7. *Jacketing*
Metode perbaikan beton dengan cara menambah volume pada benda uji utama menggunakan mortar.