

TUGAS AKHIR

PERBAIKAN TULANGAN KOROSI DENGAN METODE *PATCH REPAIR* MENGGUNAKAN MORTAR GEOPOLIMER



Disusun oleh:

Muhammad Rafi' Wahyu Setiawan

20190110158

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2023

TUGAS AKHIR

PERBAIKAN TULANGAN KOROSI DENGAN METODE *PATCH REPAIR* MENGGUNAKAN MORTAR GEOPOLIMER

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



Disusun oleh:

Muhammad Rafi' Wahyu Setiawan

20190110158

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

2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rafi' Wahyu Setiawan
NIM : 20190110158
Judul : Perbaikan Tulangan Korosi Dengan Metode *Patch Repair* Menggunakan Mortar Geopolimer.

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, 30 Juni 2023

Yang membuat pernyataan



Muhammad Rafi' Wahyu Setiawan

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rafi' Wahyu Setiawan
NIM : 20190110158
Judul : Perbaikan Tulangan Korosi Dengan Metode *Patch Repair* Menggunakan Mortar Geopolimer.

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul *Corrosion prevention method on geopolymer based mortar as patch repair material*.

Yogyakarta, Juni 2023

Penulis,



Muhammad Rafi' Wahyu Setiawan

Dosen Peneliti,



Dr. Eng. Ir. Pijta Astuti, S.T., M. Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala Puji bagi Allah tuhan semesta alam. atas segala rahmat dan hidayahnya, sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini. sholawat serta salam kepada baginda nabi Muhammad SAW.

Pertama-tama saya ingin mengucapkan Terima kasih kepada Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. yang telah membimbing penulis dalam menyusun tugas akhir ini.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada keluarga, khususnya Orangtua saya dan adik saya dan keluarga yang telah memberikan motivasi dan dukungan saya dalam menyelesaikan laporan ini dan masa depan saya.

Terima kasih kepada teman-teman Teknik Sipil 2019 yang telah berjuang bersama selama perkuliahan. Dan terima kasih kepada seluruh orang yang telah mendukung saya baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya tugas akhir ini

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 mengetahui Perbaikan Tulangan Korosi Dengan Metode *Patch Repair* Menggunakan Mortar Geopolimer.

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

1. Bapak Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ibu Dr. Ir. Restu Faizah, S.T., M.T. 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, Juni 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
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 ISTILAH	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
ABSTRAK	xix
ABSTRACT	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Pendahuluan	4
2.2 Tinjauan Pustaka	4
2.2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.3 Dasar Teori	20
2.3.1 Mortar Geopolimer.....	20
2.3.2 Bahan Penyusun Mortar Geopolimer.....	20
2.3.3 Pemeriksaan Agregat	22
2.3.4 Pengujian Baja Tulangan	26
2.3.5 Mix Design Mortar	26

2.3.6	Fresh Properties	27
2.3.7	Korosi.....	27
2.3.7	<i>Half-cell Potential</i>	29
2.3.8	<i>Patch Repair</i>	30
BAB III METODE PENELITIAN		31
3.1	Materi Penelitian	31
3.2	Alat dan Bahan	31
3.2.1	Alat.....	31
3.2.2	Bahan.....	42
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian	45
3.4	Tahapan Penelitian	45
3.4.1.	Studi Literatur	46
3.4.2.	Persiapan Alat dan Bahan	46
3.4.3.	Pengujian Material	46
3.4.4.	Mix Design.....	47
3.4.5.	Pembuatan Benda Uji.....	48
3.4.6.	Proses Curing Mortar	49
3.4.7.	Uji Korosi.....	49
3.5	Analisis Data	50
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		51
4.1	Hasil Pengujian Material Penyusun Mortar Geopolimer	51
4.1.1	Hasil Pemeriksaan Agregat.....	51
4.1.2	Hasil Pemeriksaan Pozzolan	53
4.1.3	Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan.....	54
4.2	Mix Desain	55
4.3	Pembuatan Benda Uji.....	55
4.4	Hasil Pengujian Fresh Properties	60
4.4.1	Uji Flow Table	61
4.4.2	Uji Densitas.....	61
4.5	Hasil Pengujian Hardened Properties.....	61
4.6	Pengujian Potensial Korosi	62
4.6.1	Hasil Pengujian Potensial Korosi Benda Uji Kontrol.....	62
4.6.2	Hasil Pengujian Potensial Korosi Benda Uji <i>Patch Repair</i>	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		71

5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA		xxi
LAMPIRAN.....		xxiv

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang.....	17
Tabel 2. 2 Spesifikasi Mortar (Wijaya et al., 2019).....	20
Tabel 2. 3 Tabel Gradasi Agregat Halus (BSN, 2000)	23
Tabel 2. 4 Klasifikasi Potensi Terjadinya Korosi Tulangan (ASTM, 1999)	29
Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan Laboratorium Agregat Halus.....	53
Tabel 4. 2 Hasil Pemeriksaan X-ray Fluorescence (XRF) material Fly-Ash.	54
Tabel 4. 3 Mix Design Mortar Geopolimer Proporsi 1 m ³ (a) Mix Design Mortar Normal Proporsi 1 m ³ (b).	55
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Flow Table.....	61
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Densitas.	61
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Normal (a) Kuat Tekan Mortar Mortar Geopolimer (b).....	62
Tabel 4. 7. Hasil Pengujian Potensial Korosi Tertinggi dan Terendah.....	65
Tabel 4.8 Potensial korosi benda uji patch repair pada umur ke 18, 25, dan 43 hari.	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil simulasi anoda (Tanjung, 2020).....	5
Gambar 2. 2 Hasil simulasi baja tulangan (Tanjung, 2020).....	5
Gambar 2. 3 Grafik potensial korosi rata-rata specimen (Fonna 2018).....	6
Gambar 2. 4 Grafik potensial korosi pada benda uji yang terhubung anoda korban (Husein, dkk, 2020).....	7
Gambar 2. 5 Grafik hubungan potensial korosi dan waktu pengukuran pada benda uji yang terhubung dengan anoda korban (Husein, dkk, 2020).....	8
Gambar 2. 6 Ilustrasi benda uji (Wang et al., 2020)	9
Gambar 2. 7 Hasil pengukuran potensial (Wang et al., 2020).....	9
Gambar 2. 8 Hasil pengukuran menggunakan metode Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) pada salah satu benda uji yang menggunakan anoda dengan magnesium (Wang et al., 2020)	10
Gambar 2. 9 Grafik kuat tekan dengan umur mortar (Nofrisal & Rantesalu, 2020)11	
Gambar 2. 10 Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan NaOH 10M dan Ms 1,5(Wijaya et al., 2019).....	12
Gambar 2. 11 Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan NaOH 12M dan Ms 1,5(Wijaya et al., 2019).....	12
Gambar 2. 12 Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan NaOH 10M dan Ms 2,5(Wijaya et al., 2019).....	12
Gambar 2. 13 Hasil Kuat Tekan Mortar Konvensional dan Mortar FANR (Aiyub, 2022)	13
Gambar 2. 14 Pengaruh dari kandungan benda uji terhadap kuat tekan (Hu et al., 2019)	14
Gambar 2. 15 ilustrasi benda uji dapat (Ghoddousi et al., 2021).....	15
Gambar 2. 16 Hasil pengujian perbandingan kuat tekan dan kuat lekat mortar geopolimer dengan tambahan epoxy (Daya et al., 2022).....	17
Gambar 2. 17 Proses terjadinya korosi pada baja tulangan (Broomfield, 2007) ..	28
Gambar 2. 18 Pourbaix diagram (Broomfield, 2007)	28
Gambar 2. 19 Ilustrasi pengujian half-cell potential (ASTM C876-91, 1999).....	30
Gambar 3.1 Timbangan digital	31
Gambar 3.2 Nampan	32

Gambar 3.3 Tabung erlenmeyer.....	32
Gambar 3.4 Saringan.....	33
Gambar 3.5 Pipet dan gelas ukur	33
Gambar 3.6 Mesin shaker	34
Gambar 3.7 Oven	34
Gambar 3.8 Concrete mixer	35
Gambar 3.9 Cetakan atau bekisting	35
Gambar 3.10 Tabung ukur	36
Gambar 3.11 Flow Table.....	36
Gambar 3.12 Batang penusuk	37
Gambar 3.13 Penggaris	37
Gambar 3.14 Jangka sorong.....	38
Gambar 3. 15 Sekop.....	38
Gambar 3. 16 Kuas.....	39
Gambar 3. 17 Handuk	39
Gambar 3. 18 Aluminium foil.....	40
Gambar 3. 19 Multimeter dan reference electrode.....	40
Gambar 3. 20 Skun dan kabel	41
Gambar 3. 21 Pipa PVC	41
Gambar 3. 22 Lem soligen.....	41
Gambar 3.23 Pasir.....	42
Gambar 3. 24 Fly ash	42
Gambar 3. 25 Semen PPC.....	43
Gambar 3. 26 Tap Water.....	43
Gambar 3. 27 Alkali Aktivator.....	44
Gambar 3. 28 Superplasticizer	44
Gambar 3. 29 Tulangan.....	44
Gambar 3. 30 Bagan alir penelitian.....	45
Gambar 3. 31 Desain benda uji mortar normal geopolimer.....	48
Gambar 3. 32 Desain benda uji mortar normal	48
Gambar 3. 33 Desain benda uji mortar patch repair	49
Gambar 4. 1 Grafik Persen Lolos Kumulatif	52

Gambar 4. 2 Grafik Gradasi Agregat Halus Daerah 2	52
Gambar 4.3 Pengambilan abu terbang (a), Pembersihan agregat halus (b), Penjemuran agregat halus (c), Pembuatan bekisting (d), Pencarian besi (e), Pembubutan besi (f)	57
Gambar 4. 4 Pengambilan bahan yang telah siap (a), Penimbangan bahan (b), Pencampuran alkali aktivator dan superplastizer (c), Proses memasukan bahan kedalam concrete mixer (d), Pengujian flow table (e), Proses memasukan mortar segar ke bekisting (f), Pengovenan benda uji geopolimer (g), Wrapping benda uji geopolimer dengan aluminium foil dan plastic wrap (h), Curing benda uji normal dengan handuk basah (i).....	59
Gambar 4. 5 Proses pembersihan karat pada tulangan repair (a), Wrapping aluminium foil dan plastic wrap pada tulangan yang sudah dibersihkan (b), Pencampuran bonding adhesive (c), Pemasangan bekisting (d), Pelapisan bonding adhesive pada mortar lama (e), Proses memasukan mortar segar ke bekisting (f).	60
Gambar 4.6 Grafik potensial korosi pada tulangan 1 pada benda uji 1A1 dan 1A264	
Gambar 4. 7 Grafik potensial korosi pada tulangan 2 pada benda uji 1A1 dan 1A2	64
Gambar 4.8 Grafik potensial korosi pada tulangan 1 pada benda uji 1B1 dan 1B265	
Gambar 4.9 Grafik potensial korosi pada tulangan 2 pada benda uji 1B1 dan 1B265	
Gambar 4.10 Grafik potensial korosi benda uji 2A1 Tulangan 1	67
Gambar 4. 11 Grafik potensial korosi benda uji 2A1 Tulangan 2	68
Gambar 4. 12 Grafik potensial korosi benda uji 2A2 Tulangan 1	68
Gambar 4. 13 Grafik potensial korosi benda uji 2A2 Tulangan 2	68
Gambar 4.14 Diagram batang perbedaan nilai potensial korosi pada hari ke-14 dan hari ke-43.	70

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Pengujian Gradasi Butiran Agregat Halus
- Lampiran 2 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus
- Lampiran 3 Pengujian Kadar Air Agregat Halus
- Lampiran 4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus
- Lampiran 5 Pengujian Kuat Tarik Baja
- Lampiran 6 Pengujian Kuat Tekan Mortar

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
HCP	[mV]	Potensial listrik
A	[Gram]	Berat tertahan pada setiap saringan
A _{Total}	[Gram]	Berat tertahan total
B	[%]	Persen berat tertahan
B _{sebelum}	[%]	Persen berat tertahan sebelum saringan
B _{saringan}	[%]	Persen berat tertahan pada setiap saringan
C	[%]	Persen berat tertahan kumulatif
C _{saringan}	[%]	Persen berat tertahan kumulatif pada setiap saringan
C _{Total}	[%]	Persen berat tertahan kumulatif total
D	[%]	Persen berat lolos kumulatif
E	[%]	Modulus halus butir
A	[Gram]	Berat uji benda oven
B	[Gram]	Berat piknometer yang berisi air
C	[Gram]	Berat piknometer dengan benda uji dan air
S	[Gram]	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan
P	[%]	Kadar air benda uji
ΔL	[mm]	Perubahan Panjang
L ₁	[mm]	Panjang akhir
L ₀	[mm]	Panjang awal
% ΔL	[%]	Presentase perpanjangan
ϵ_{putus}	[%]	Regangan
% ΔA	[%]	Presentase pengurangan luas
A ₀	[mm ²]	Luas penampang awal
A _i	[mm ²]	Luas penampang akhir
D	[kg/m ³]	Densitas
M _c	[kg]	Massa cetakan + mortar
M _m	[kg]	Massa cetakan
V _m	[m ³]	Volume cetakan
σM	[MPa]	Kekuatan tekan mortar

DAFTAR ISTILAH

1. *Curing*
Perawatan beton selama masa pengerasan.
2. *Patch Repair*
Proses perbaikan pada beton yang rusak atau terkorosi dengan cara memperbaiki area yang rusak atau terkorosi dengan bahan baru
3. *Half Cell Potential Test*
Metode yang digunakan untuk mengindikasikan tingkat korosi pada tulangan yang berada di dalam beton atau mortar.
4. *Fresh Properties*
Campuran mortar atau beton yang masih dalam kondisi segar.
5. *Hardened Properties*
Mortar atau beton yang memiliki kondisi sudah mengeras.
6. *Workability*
Tingkat kemudahan untuk mengerjakan campuran mortar atau beton

DAFTAR SINGKATAN

HCP		<i>Half-Cell Potential</i>
CSE		<i>Calome Saturated Electrode</i>
SSE		<i>Silver-Silver / Chloride Elektrode</i>
BSN	:	Badan Standarisasi Nasional
ASTM	:	<i>American Society for Testing and Materials</i>
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SSD	:	<i>Saturated Surface Dry</i>
XRF	:	<i>X-Ray Fluorescence</i>
MPa	:	Mega Pascal