

TUGAS AKHIR

PENCEGAHAN KOROSI DENGAN MENGGUNAKAN *STEEL COATING* DAN *SURFACE COATING* PADA MORTAR GEOPOLIMER BERBAHAN *FLY ASH* 40 % ALKALI AKTIVATOR

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



Rama Dwi Prasetya

20190110139

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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rama Dwi Prasetya

NIM : 20190110139

Judul : Pencegahan Korosi dengan Menggunakan *Steel Coating* dan *Surface Coating* pada Mortar Geopolimer Berbahan *Fly Ash* 40 % Alkali Aktivator.

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, 01 Juli 2023



Rama Dwi Prasetya

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rama Dwi Prasetya

NIM : 20190110139

Judul : Pencegahan Korosi dengan Menggunakan *Steel Coating* dan *Surface Coating* pada Mortar Geopolimer Berbahan *Fly Ash* 40 % Alkali Aktivator.

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul "*Corrosion prevention method on geopolymers based mortar as patch repair material*" dan didanai melalui skema hibah Penelitian dasar pada tahun 2022 /2023 oleh LRI UMY Tahun Anggaran 2022/2023.

Yogyakarta, 01 Juli 2023

Penulis,



Rama Dwi Prasetya

Dosen Peneliti,



Dr. Eng. Ir. Pinta 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, Bapak kasidi dan Ibu windarti, dan kaka adik saya dan keluarga yang telah memberikan motivasi dan dukungan saya dalam menyelesaikan laporan ini dan masa depan saya.

Terima kasih kepada Rozikan, S.E.I., M.S.I. yang telah memberikan motivasi dan dukungan selama saya kuliah.

Terima kasih kepada kelompok Tugas Akhir: Muhammad yusuf, Mirda Hera, Muhammad Fikry, Devi sasmita dan Muhammad sakti Isnaini yang telah berjuang bersama dalam mengerjakan tugas akhir hingga selesai.

Terima kasih kepada orang-orang dekat saya: Iqbal Asrofi, Adinda dewi, Qori Ananta, Galuh Nanda Sutri, Alief Pramudiya, Aulia Chanief, Rivky Avanda, Ridwan Taufiq, Septian Malik, Ashraf Alamri, Ade Ari, Ryan Fikri, Arifatul Amalinda Nur Solikhah, Syarifa Laiala, Tema-Teman Infinity Dan Tema-Teman Relawan Covid-19.

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-nya, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Tugas akhir 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 Pencegahan Korosi dengan Menggunakan *Steel Coating* dan *Surface Coating* pada Mortar Geopolimer Berbahan *Fly Ash* 40 % Alkali Aktivator.

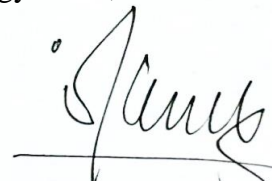
Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Atas segala bimbingan, petunjuk dan saran hingga terselesainya tugas akhir ini, penyusun ucapkan terima kasih kepada:

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. Bapak Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph. D dan Ibu Ir. Fanny Monika, S.T., M.Eng. 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 warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 01 Juli 2023



Penyusun

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR ISTILAH	xvii
ABSTRAK	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 Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	5
2.2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Dasar Teori.....	27
2.3.1 Mortar Geopolimer	27
2.3.2 Material Penyusun Mortar Geopolimer	27
2.3.3 Pemeriksaan Agregat	29
2.3.4 Pengujian Pozzolan.....	30
2.3.5 Pemeriksaan Material Baja	30
2.3.6 <i>Mix Design</i>	30
2.3.7 <i>Fresh properties</i>	31
2.3.6.1 Densitas.....	31
2.3.6.2 <i>Flow tables</i>	32
2.3.6.3 <i>Curing</i>	32

2.3.8 Korosi.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Metode	34
3.2 Alat dan bahan Pengujian	34
3.2.1 Alat	34
3.2.2 Bahan.....	42
3.3 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian	48
3.4 Tahapan Penelitian.....	50
3.4.1 Studi Literatur.....	50
3.4.2 Persiapan Alat dan Bahan.....	50
3.4.3 Pengujian Material.....	50
3.4.4 <i>Mix Design</i>	53
3.4.5 <i>Trial And Error Mix Design</i>	53
3.4.6 Pembuatan Benda Uji.....	55
3.4.7 <i>Exposure Condition</i>	55
3.3.8 Uji Potensi Korosi	57
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	58
4.1. Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Material	58
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	58
4.2. Pengujian Pozolan.....	60
4.3. Pengujian <i>Fresh Properties</i>	61
4.3.1. <i>Flow Table Test</i>	61
4.3.2. Pengujian Densitas	62
4.4. <i>Mix design</i>	63
4.5. Pengujian Potensial Korosi.....	63
4.5.1 Potensial Korosi Pada Masa Perawatan	63
4.5.2 Potensial Korosi Pada Masa Paparan (<i>Exposure Condition</i>).....	66
4.5.3 Diagram perbandingan Potensial Korosi	73
4.5.4 Benda uji mortal Geopolimer berbasis <i>fly ash</i> 40 %	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil perbandingan rendaman terhadap Uji Kuat Tekan Beton (Oktaviastuti Dkk., 2021)	7
Tabel 2. 2 perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang	22
Tabel 2. 3 Dasar Acuan Jurnal Terdahulu untuk ketuan Komposisi mortar geopolimer	31
Tabel 4. 1 Hasil pengujian gradasi butiran agregat halus	58
Tabel 4. 2 Hasil pemeriksaan Laboratorium Material Agregat Halus	60
Tabel 4. 3 Hasil Pemeriksaan <i>X-ray Fluorescence</i> (XRF) material <i>fly-ash</i>	61
Tabel 4. 4 Klasifikasi <i>Workability</i> (Mermerdaş dkk., 2017).....	62
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian <i>Flow Table</i>	62
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Densitas	62
Tabel 4. 7 <i>Mix Design</i> Proporsi 1 m ³	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kuat tekan mortar geopolimer perawatan perendaman air	6
Gambar 2. 2 Kuat tekan mortar geopolimer perawatan kondisi kering	6
Gambar 2. 3. Hasil pengujian <i>half-cell potential</i> pada tulangan dengan <i>coating</i> dan <i>non-coating</i> (Astuti & Fahma, 2022)	9
Gambar 2. 4. Hasil pengujian <i>half-cell potential</i> pada tulangan tanpa cat	9
Gambar 2. 5. Hasil pengujian <i>half-cell potential</i> pada tulangan dengan cat (<i>coating</i>) (Astuti & Fahma, 2022)	9
Gambar 2. 6 Peta potensi setengah sel tulang rusuk longitudinal dengan potensi negatif terbesar	10
Gambar 2. 7 Peta potensi setengah sel tulang rusuk longitudinal dengan potensi negatif terendah (Kiviste dkk., 2019)	10
Gambar 2. 8 Proses Depolarisasi pada Spesimen Korosi Awal Tinggi	11
Gambar 2. 9 Proses depolarisasi pada spesimen korosi awal rendah	12
Gambar 2. 10 Perubahan Potensial Spesimen Korosi Awal Tinggi selama 30 hari	12
Gambar 2. 11 Perubahan potensial spesimen korosi awal rendah selama 30 hari.	12
Gambar 2. 12 Kolom RC digunakan dalam penelitian (Adriman dkk., 2022)	14
Gambar 2. 13 Potensi pada permukaan permukaan beton seperti yang disimulasikan oleh BEM untuk kasus kolom RC Potensi tersebut diplot bersama dengan tingkat risiko korosi menurut ASTM C876	14
Gambar 2. 14 Pergerakan partikel dalam mencari lokasi dan ukuran korosi: (a) Iterasi ke-1; (b) Iterasi ke-4, (c) iterasi ke-8, (d) iterasi ke-20.	14
Gambar 2. 15 Distribusi potensial pada permukaan beton (bidang x-z). Kiri: kolom beton. Tengah: plot kontur potensi. Kanan: plot potensi dibandingkan dengan berbagai kriteria risiko korosi seperti pada astm c876.	15
Gambar 2. 16 Pengukuran potensial setengah sel dari balok yang tidak terkorosi setelah 8 hari korosi (Almashakbeh dkk., 2022)	16
Gambar 2. 17 Pengukuran potensial setengah sel dari balok yang terkorosi setelah 8 hari korosi (Almashakbeh dkk., 2022)	16

Gambar 2. 18 Potensial Korosi pada BBSTA (Elmyra dkk., 2020)	17
Gambar 2. 19 Perbandingan nilai potensial korosi dari semua beton	18
Gambar 2. 20 Nilai half-cell potensial benda uji menggunakan pasir laut (SS)	19
Gambar 2. 21 nilai half-cell potensial benda uji menggunakan pasir sungai (RS)	19
Gambar 2. 22 Nilai half-cell potensial benda uji pada umur 189 hari	19
Gambar 2. 23 Nilai potensial <i>half-cell potential</i> (a) benda uji CNI.....	21
Gambar 2. 24 Spesimen benda (b) uji non-CNI.....	21
Gambar 2. 25 proses terjadinya perkaratan pada besi (Ariyanto dkk., 2022).....	33
Gambar 3. 1 Nampan metal	34
Gambar 3. 2 Timbangan digital	35
Gambar 3. 3 Tabung ukur 1000 ml.	35
Gambar 3. 4 Saringan.....	36
Gambar 3. 5 <i>Concrete Mixer</i>	36
Gambar 3. 6 Oven	37
Gambar 3. 7 Cetakan (<i>Bekisting</i>)	37
Gambar 3. 8 Jangka sorong.....	38
Gambar 3. 9 oli.....	38
Gambar 3. 10 Kuas.....	39
Gambar 3. 11 Skop.....	39
Gambar 3. 12 <i>Thinner</i>	39
Gambar 3. 13 Handuk	40
Gambar 3. 14 Sterofoam	40
Gambar 3. 15 Alat <i>Half-cell potential</i>	41
Gambar 3. 16 <i>Aluminium foil</i>	41
Gambar 3. 17 Plastik Bening Wrap.....	42
Gambar 3. 18 <i>Fly ash</i>	42
Gambar 3. 19 agregat halus.....	43
Gambar 3. 20 Air.....	43
Gambar 3. 21 air garam.....	44
Gambar 3. 22 Natrium Hidroksida (NaOH).....	44
Gambar 3. 23 Natrium Silikat (Na ₂ SiO ₃).....	45
Gambar 3. 24 Baja Tulangan polos.....	45

Gambar 3. 25 <i>Plasticizer</i>	46
Gambar 3. 26 Cat pelapis (<i>Coating</i>)	46
Gambar 3. 27 Lem soligen silicon	46
Gambar 3. 28 Skun dan Kabel	47
Gambar 3. 29 Pipa PVC	47
Gambar 3. 30 <i>Tissue</i>	48
Gambar 3. 31 Plester.....	48
Gambar 3. 32 Bagan Alir	49
Gambar 3. 33 pengujian <i>flow table</i>	54
Gambar 3. 34 benda uji setelah pengujian densitas	54
Gambar 3. 35 sketsa 3D gambar benda uji	55
Gambar 3. 36 <i>Exposure condition dry lab</i>	56
Gambar 3. 37 <i>Exposure condition dry-wet cycle</i>	56
Gambar 3. 38 <i>Wet Towel Condition</i>	57
Gambar 3. 39 <i>Sketsa pengujian half-cell potential</i>	57
Gambar 4. 1 Grafik persen lolos kumulatif.....	59
Gambar 4. 2 Grafik gradasi agregat halus daerah 2.....	59
Gambar 4. 3 Grafik potensial korosi pada masa perawatan, (a) tebal selimut 3 cm, (b) tebal selimut 5 cm	64
Gambar 4. 4 Grafik pengaruh tebal selimut mortar terhadap nilai potensial korosi saat masa perawatan, (a) <i>non coating</i> (b) <i>steel coating</i> dan (c) <i>surface coating</i>	66
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan potensial korosi pada kondisi paparan <i>dry-wet cycle</i> , (a) tebal selimut 5 cm, (b) tebal selimut 3 cm.....	67
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan potensial korosi pada kondisi paparan <i>wet towel condition</i> , (a) tebal selimut 5 cm, (b) tebal selimut 3 cm.....	68
Gambar 4. 7 Grafik perbandingan potensial korosi pada kondisi <i>dry laboratory condition</i> , (a) tebal selimut 3 cm, (b) tebal selimut 5 cm	69
Gambar 4. 8 Grafik perbandingan tebal selimut beton terhadap nilai potensial korosi, (a) <i>non coating</i> , (b) dengan pencegahan <i>steel coating</i> , (c) dengan pencegahan <i>surface concrete coating</i>	70
Gambar 4. 9 Grafik perbandingan nilai potensial korosi <i>exposure condition method</i> , (a) pada benda uji <i>non coating</i> , (b) pada benda uji <i>steel coating</i> , (c) pada benda uji <i>surface concrete coating</i>	72
Gambar 4. 10 Perbandingan Potensial Korosi Dengan Metode Pengujian HCP Pada Empat Jenis Parameter	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian gradasi dan agregat halus.....	80
Lampiran 2. Pengujian kadar air agregat halus	82
Lampiran 3. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	83
Lampiran 4. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	85
Lampiran 5. Pengujian Densitas	86

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
B	[g]	Berat piknometer bersih
B _t	[g]	Berat piknometer bersih + air + benda uji
B _k	[g]	Berat benda uji kering oven
SSD	[g]	Berat benda uji
W ₁	[g]	Massa benda uji
W ₂	[g]	Massa benda uji kering oven
B ₁	[g]	Massa benda uji kering oven sebelum dicuci
B ₂	[g]	Massa benda uji kering oven sesudah dicuci
W _s	[g]	Berat semen
W _p	[g]	Berat pasir
W _a	[g]	Berat air
W _{SP}	[g]	Berat superplasticizer
M	[L]	Molaritas
D ₁	[L]	Diameter dasar kerucut
D ₂	[L]	Diameter setelah uji flow
A ₀	[L] ²	luas penampang awal
A ₁	[L] ²	luas penampang akhir
% δA	[%]	persen pengurangan luas

DAFTAR SINGKATAN

Al	: alumunium
ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
BSN	: Badan Standarisasi Nasional
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
BBSTA	: Beton Busa Bertulang dengan Serat <i>polypropylene</i> dan tanpa anoda korban
BBSAT	: Beton Busa Bertulang dengan Serat <i>polypropylene</i> dan anoda katoda tidak terhubung
CFRP	<i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i>
CNI	<i>calcium nitrite coating</i>
CSE	: <i>Calome Saturated Electrode</i>
D	: Densitas beton
DC	<i>Direct Current</i>
HCP	: <i>Half-cell potential</i>
mV	: <i>Medium Voltage</i>
Mc	: Massa wadah ukur yang diisi beton
Mm	: Massa wadah ukur kosong
MHB	: Modulus Halus Butiran
MPa	: Mega Pascal
Mr	: Molekul Relatif Berat Atom
PLTU	: Pembangkit tenaga listrik tenaga uap
RC	: <i>Reinforced concrete</i> (Beton bertulang)
SNI	: Standar Nasional Indonesia
Si	: silika
SSE	: <i>Silver-Silver / Chloride Elektrode</i>
Vm	: Volume wadah ukur
XRF	: <i>X-Ray Fluorescence</i>

DAFTAR ISTILAH

1. Abu terbang (*Fly ash*)
Limbah yang dihasil dari sisa-sisa pembakaran batubara melalui katel yang menjadi partikel partikel halus yang naik dan terperangkap pada alat filtrasi atau system elektrostatik precipitator.
2. Alkali aktivactor
Perbandingan larutan sodium silikat dengan larutan naoh.
3. *Batching Plant*
Tempat pembuatan beton segar.
4. *Exposure condition*
Masa paparan mortar.
5. *Fresh properties*
Beton atau mortar dalam kondisi segar.
6. *Half-cell potential test*
Metode yang digunakan untuk mengindikasikan tingkat korosi pada tulangan yang berada di dalam beton atau mortar.
7. Korosi
Kerusakan atau kehancuran material akibat adanya reaksi kimia di sekitar lingkungannya.
8. Mortar geopolimer
Mortar dengan bahan pengikat yang sepenuhnya tidak menggunakan semen sebagai pengikat, tetapi menggunakan *fly ash* sebagai pengganti karena kandungan silika dan aluminanya sangat tinggi.
9. *Mix Design*
Komposisi penyusun dari pembuatan mortar.
10. *Non Coating*
Mortar tanpa perlindungan korosi
11. *Steel coating*
Metode pencegahan korosi dengan pemberian lapisan cat atau inhibitor ke permukaan tulangan baja.

12. *Steel Coating*
Mortar dengan pelapisan cat anti korosi pada permukaan tulangan baja.
13. *Surface Coating*
Mortar dengan pelapisan cat anti korosi pada permukaan mortar.
14. *Dry-wet*
Menyimpan benda uji dengan cara merendam ke dalam air dan memaparkan ke udara.
15. *Dry lab*
Menyimpan benda uji pada suhu ruangan laboratorium dengan memperhatikan sirkulasi udara.
16. *Wet towel*
Menyimpan benda uji dengan cara menutupi benda uji dengan kain yang dibasahi dengan air laut.
17. *Workability*
Kemudahan dalam mengerjakan beton atau mortar.