

TUGAS AKHIR
METODE *PATCH REPAIR* DAN PROTEKSI KATODIK ANODA KORBAN
PADA SUBSTRAT BETON GEOPOLIMER DENGAN KONDISI PAPAN
KERING DAN SIKLUS BASAH KERING

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



Disusun Oleh:
RUSDI SAHLA ARIFAN
20190110018

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rusdi Sahla Arifan
NIM : 20190110018
Judul : Metode *Patch Repair* dan Proteksi Katodik Anoda Korban Pada Substrat Beton Geopolimer Dengan Kondisi Paparan Kering Dan Siklus Basah Kering

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 manapun.

Yogyakarta, 28 Februari 2024

Yang membuat pernyataan



Rusdi Sahla Arifan

HALAMAN PERNYATAAN

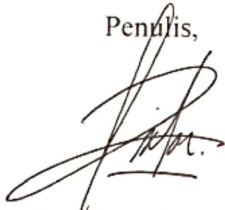
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rusdi Sahla Arifan
NIM : 20190110018
Judul : Metode *Patch Repair* dan Proteksi Katodik Anoda Korban
Pada Substrat Beton Geopolimer Dengan Kondisi Paparan
Kering Dan Siklus Basah Kering

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul "*Patch Repair Method on Geopolymer Concrete Substrates with Dry Exposure Conditions and Dry-Wet cycles*" dan didanai melalui skema hibah penelitian dasar pada tahun 2023/2024 oleh LRI UMY pada Tahun Anggaran 2023/2024 dengan nomor hibah 47/R-LRI/XI/2023.

Yogyakarta, 28 Februari 2024

Penulis,



Rusdi Sahla Arifan

Dosen Peneliti,



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT, tuhan semesta alam atas segala rahmat dan limpahan hidayahnya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tidak terjadi kendala yang berarti. Sholawat serta salam juga selalu tercurah kepada junjungan Nabi kita Nabi Muhammad SAW.

Pertama-tama saya ingin mengucapkan terima kasih kepada diri saya sendiri, Rusdi Sahla Arifan yang telah memiliki semangat, memiliki ambisi, dan kemauan untuk menyelesaikan tugas akhir ini walau memang sempat tertinggal oleh kawan-kawan seangkatan dikarenakan dahulu sempat ingin mengejar cita-cita menjadi dokter.

Saya juga mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Orang tua saya yang telah memberikan dukungan baik dari segi materi maupun dari segi lahir dan batin. Semoga kelak saya dapat membalas budi kalian, Aamiin.

Tidak lupa saya juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing saya, Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. yang telah memberikan bimbingan yang sangat baik pada penyusunan tugas akhir ini.

Terima kasih kepada teman teman Teknik Sipil Angkatan 2019 dan Angkatan 2020 yang telah berjuang bersama selama perkuliahan, praktikum, dan penyelesaian 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 Metode *Patch Repair* Pada Substrat Beton Geopolimer Dengan Kondisi Paparan Kering Dan Siklus Basah Kering.

Atas segala bimbingan, petunjuk dan saran hingga terselesainya tugas akhirini, 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 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 Wr. Wb.

Yogyakarta 28 Februari 2024


Rusdi Salha Arifan

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
TUGAS AKHIR	ii
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	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG	xvii
DAFTAR ISTILAH	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xx
ABSTRAK	xxi
ABSTRACT	xxii
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 DASAR TEORI	5
2.1 Pendahuluan	5
2.2 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2.1 Penelitian Terdahulu (<i>State of the Art</i>).....	5
2.3 Dasar Teori	22
2.3.1 Beton Geopolimer	22
2.3.2 Bahan Penyusun Geopolimer.....	22

2.3.3	Korosi.....	23
2.3.4	<i>Patch Repair</i>	24
2.3.5	<i>Half-Cell Potential</i>	25
2.3.6	<i>Exposure Condition</i>	26
2.3.7	Masa Pakai <i>Surface Zinc Cartridge</i>	27
BAB III METODE PENELITIAN.....		29
3.1	Materi Penelitian.....	29
3.2	Benda Uji.....	29
3.3	Detail Benda Uji.....	32
3.4	Mekanisme Pengujian.....	33
3.5	Alat dan Bahan.....	34
3.5.1	Alat.....	34
3.5.2	Bahan.....	37
3.6	Tempat dan Waktu Penelitian.....	40
3.7	Tahapan Penelitian.....	40
3.7.1	Studi Pustaka.....	43
3.7.2	Persiapan Alat dan Bahan.....	43
3.7.3	Pengecekan Benda Uji Sebelumnya.....	43
3.7.4	Perlakuan Paparan Kondisi (<i>Exposure Condition</i>).....	43
3.7.5	Uji Potensi Korosi <i>Half-Cell Potential</i>	43
3.7.6	Pemasangan Anoda Korban <i>Zinc Cartridge</i>	44
3.7.7	Uji Efektivitas <i>Surface Zinc Cartridge</i> (Depolarisasi).....	45
3.7.8	Analisis Data.....	46
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	Pengujian Potensial Korosi <i>Half-cell Potential</i>	47
4.1.1	Potensial Korosi Benda Uji Kontrol.....	47
4.1.2	Potensial Korosi Benda Uji <i>Patch Repair Exposure Condition</i>	52
4.2	Perbandingan Potensial Korosi Antara Beton Eksisting, <i>Boundary</i> , dan <i>Repair</i>	60
4.3	Potensial Korosi Setelah Pemasangan Proteksi Katodik Anoda Korban <i>Zinc Cartridge</i>	67

4.4	Prediksi Masa Pakai <i>Surface Zinc Cartridge</i>	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		73
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		xxii
LAMPIRAN.....		xxiv

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Variasi penggunaan <i>fly ash</i> dan serbuk kaca (Apriwelni dan Bintang Wirawan, 2020)	17
Tabel 2. 2 Perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang	20
Tabel 2. 3 Klasifikasi potensial korosi (ASTM, 2015)	26
Tabel 4. 1 Tabel perbandingan nilai antara eksisting, <i>boundary</i> , dan <i>repair</i> pada jangka waktu tertentu.	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kehilangan massa baja karbon larutan asam sulfat metode <i>sand blasting</i> lapisan <i>coating</i> 50 μ m (Setiawan dan Kristina Dewi, 2019)	6
Gambar 2. 2 Kehilangan massa baja karbon larutan asam sulfat metode <i>powertool wire brush</i> lapisan <i>coating</i> 50 μ m	6
Gambar 2. 3 Kehilangan massa baja karbon larutan asam sulfat metode <i>sand blasting</i> lapisan <i>coating</i> 90 μ m (Setiawan dan Kristina Dewi, 2019)	6
Gambar 2. 4 Kehilangan massa baja karbon larutan asam sulfat metode <i>powertool wire brush</i> lapisan <i>coating</i> 90 μ m	6
Gambar 2. 5 Detail benda uji pelat beton dengan <i>zinc cartridge</i>	7
Gambar 2. 6 Nilai <i>rest potential</i> tulangan yang diukur	8
Gambar 2. 7 Hasil simulasi anoda : a) ukuran 18cm, b) ukuran 12 cm,	9
Gambar 2. 8 Hasil simulasi baja tulangan : a) ukuran 18cm, b) ukuran 12 cm,	9
Gambar 2. 9 Grafik hasil uji kuat tekan (Qomaruddin dkk., 2018)	10
Gambar 2. 10 Mekanisme pengukuran dengan	11
Gambar 2. 11 Perbandingan nilai potensial benda uji sebelum direndam (Fajri, 2021)	12
Gambar 2. 12 Perbandingan nilai potensial benda uji pada minggu ke 16 (Fajri, 2021)	12
Gambar 2. 13 Geometri dari spesimen : (a) jarak anoda-katoda 5 mm, (b) jarak anoda-katoda 10 mm, (c) jarak anoda-katoda 20 mm (Fonna dkk., 2018)	13
Gambar 2. 14 Grafik potensial korosi jarak anoda-katoda 5 mm dari minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna dkk., 2018)	15
Gambar 2. 15 Grafik potensial korosi jarak anoda-katoda 10 mm dari minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna dkk., 2018)	15
Gambar 2. 16 Grafik potensial korosi jarak anoda-katoda 20 mm dari minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna dkk., 2018)	15
Gambar 2. 17 Grafik potensial korosi rata-rata dengan jarak anoda-katoda 5 mm, 10 mm, dan 20 mm dari minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna dkk., 2018) 15	

Gambar 2. 18 Pengaruh penambahan % epoxy terhadap kuat tekan(Rizal dkk., 2022)	16
Gambar 2. 19 Hasil perbandingan kuat tekan ditambah epoxy dengan mortar sika grout (Rizal dkk., 2022)	16
Gambar 2. 20 Uji tekan beton (Apriwelni dan Bintang Wirawan, 2020).	18
Gambar 2. 21 Diagram interaksi antara berbagai aspek	19
Gambar 2. 22 Variasi kerapatan arus stimulasi tiga	20
Gambar 2. 23 Reaksi anoda dan katoda (Fonna dkk., 2018)	24
Gambar 2. 24 Mekanisme pengukuran	25
Gambar 3. 1 Pasir	29
Gambar 3. 2 <i>Fly Ash</i>	30
Gambar 3. 3 Semen PPC	30
Gambar 3. 4 <i>Tap water</i>	31
Gambar 3. 5 Alkali aktivator	31
Gambar 3. 6 <i>Superplastizer</i>	32
Gambar 3. 7 Tulangan	32
Gambar 3. 8 Tampak Samping Benda Uji Kontrol	33
Gambar 3. 9 Tampak Atas Benda Uji Kontrol	33
Gambar 3. 10 Tampak Samping Benda Uji <i>Patch Repair</i>	33
Gambar 3. 11 Tampak Atas Benda Uji <i>Patch Repair</i>	33
Gambar 3. 12 Tampak 3D Benda Uji Kontrol	33
Gambar 3. 13 Tampak 3D Benda Uji <i>Patch Repair</i>	33
Gambar 3. 14 <i>Digital Multimeter</i>	34
Gambar 3. 15 <i>Reference Electrode Ag/AgCl</i>	34
Gambar 3. 16 Kabel	35
Gambar 3. 17 Penggaris	35
Gambar 3. 18 Spidol	36
Gambar 3. 19 <i>Thermogun</i>	36
Gambar 3. 20 Solder	37
Gambar 3. 21 Air laut	37

Gambar 3. 22 Lem sealent	38
Gambar 3. 23 Timah.....	38
Gambar 3. 24 <i>Zinc Active Powder</i>	38
Gambar 3. 25 Kalsium nitrit	39
Gambar 3. 26 <i>Surface Zinc Cartridge</i>	39
Gambar 3. 27 (a) Benda uji mortar geopolimer kontrol, (b) benda uji mortar geopolimer <i>patch repair</i>	39
Gambar 3. 28 Bagan diagram alir	40
Gambar 3. 29 Skema pemasangan <i>zinc cartridge</i>	44
Gambar 3. 30 (a) Pemasukan <i>zinc active powder</i> , (b) pemasukan kalsium nitrit, (c) proses pencampuran hingga homogen, (d) <i>backfill</i> dimasukan ke dalam akrilik, (e) pengeboran angkur, (f) pemasangan angkur, (g) melapisi <i>zinc</i> dengan <i>backfill</i> , (h) pengangkuran <i>zinc</i> ke benda uji, (i) pemasangan <i>backfill</i> dan pengencangan.	45
Gambar 3. 31 Skematik nilai potensial korosi saat diberi perlindungan <i>surface zinc</i> <i>cartridge</i> (Astuti, 2020).	46
Gambar 4. 1 Grafik potensial korosi tulangan 1 pada benda uji 1A1 dan 1A2	49
Gambar 4. 2 Grafik potensial korosi tulangan 2 pada benda uji 1A1 dan 1A2	49
Gambar 4. 3 Trendline potensial korosi pada saat curing rebar 1	50
Gambar 4. 4 Trendline potensial korosi pada saat curing rebar 2.....	51
Gambar 4. 5 Trendline potensial korosi pada saat dry rebar 1	51
Gambar 4. 6 Trendline potensial korosi pada saat dry rebar 2	51
Gambar 4. 7 Trendline potensial korosi pada saat dry-wet cycles rebar 1	52
Gambar 4. 8 Trendline potensial korosi pada saat dry-wet cycles rebar 2	52
Gambar 4. 9 Grafik potensial korosi benda uji 2B1 tulangan 1	55
Gambar 4. 10 Grafik potensial korosi benda uji 2B1 tulangan 2.....	55
Gambar 4. 11 Grafik potensial korosi benda uji 2B2 tulangan 1	55
Gambar 4. 12 Grafik potensial korosi benda uji 2B2 tulangan 2.....	56
Gambar 4. 13 Grafik potensial korosi benda uji 3B1 tulangan 1	56
Gambar 4. 14 Grafik potensial korosi benda uji 3B1 tulangan 2.....	56

Gambar 4. 15 Grafik potensial korosi benda uji 3B2 tulangan 1	57
Gambar 4. 16 Grafik potensial korosi benda uji 3B2 tulangan 2.....	57
Gambar 4. 17 Trendline penurunan nilai potensial korosi pada saat curing.....	58
Gambar 4. 18 Trendline penurunan nilai potensial korosi pada saat siklus dry.....	58
Gambar 4. 19 Trendline penurunan nilai potensial korosi pada saat siklus dry-wet cycles.....	59
Gambar 4. 20 Perbandingan sebelum dan sesudah diberi paparan dry-wet cycles	59
Gambar 4. 21 Grafik perbandingan potensial korosi benda uji 2B1 tulangan 1 antara eksisting, boundary, dan repair.	63
Gambar 4. 22 Grafik perbandingan potensial korosi benda uji 2B1 tulangan 2 antara eksisting, boundary, dan repair.	63
Gambar 4. 23 Grafik perbandingan potensial korosi benda uji 2B2 tulangan 1 antara eksisting, boundary, dan repair.	64
Gambar 4. 24 Grafik perbandingan potensial korosi benda uji 2B2 tulangan 2 antara eksisting, boundary, dan repair.	64
Gambar 4. 25 Grafik perbandingan potensial korosi benda uji 3B1 tulangan 1 antara eksisting, boundary, dan repair.	64
Gambar 4. 26 Grafik perbandingan potensial korosi benda uji 3B1 tulangan 2 antara eksisting, boundary, dan repair.	65
Gambar 4. 27 Grafik perbandingan potensial korosi benda uji 3B2 tulangan 1 antara eksisting, boundary, dan repair.	65
Gambar 4. 28 Grafik perbandingan potensial korosi benda uji 3B2 tulangan 2 antara eksisting, boundary, dan repair.	65
Gambar 4. 29 Grafik <i>on-potential</i> korosi rebar 1 dan rebar 2.....	68
Gambar 4. 30 Grafik <i>instant-off potential</i> korosi rebar 1 dan rebar 2	68
Gambar 4. 31 Grafik <i>off potential</i> korosi rebar 1 dan rebar 2.....	69
Gambar 4. 32 Grafik laju depolarisasi	70
Gambar 4. 33 Grafik laju <i>current</i>	70
Gambar 4. 34 Grafik <i>current density</i>	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Konversi SSE ke dalam satuan CSE.

Lampiran 2. Perhitungan Prediksi Masa Pakai *Zinc Cartridge* menurut Astuti (2020).

Lampiran 3. Perhitungan Prediksi Masa Pakai *Zinc Cartridge* menurut Pedoman Perencanaan Proteksi Katodik Anoda Korban *Zinc Cartridge System* Untuk Beton Bertulang Di Wilayah Atmosferik (2023) :