

TUGAS AKHIR

POTENSIAL KOROSI PADA *TAP WATER MIXED* MORTAR DENGAN BAHAN IKAT *PORTLAND COMPOSITE CEMENT* (PCC) DAN *PORTLAND POZZOLAND CEMENT* (PPC)

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



Disusun oleh:

Ibnu Syarifudin

20190110109

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

2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ibnu Syarifudin

NIM : 20190110109

Judul : Potensial Korosi pada *Tap Water Mixed* Mortar Dengan
Bahan Ikat *Portland Composite Cement* (PCC) dan
Portland Pozzoland Cement (PPC)

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,

Yang membuat pernyataan



Ibnu Syarifudin

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ibnu Syarifudin
NIM : 20190110109
Judul : Potensial Korosi Pada *Tap Water Mixed Mortar* dengan Bahan Ikat *Portland Composite Cement (PCC)* dan *Portland Pozzolan Cement (PPC)*

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul "*Corrosion Prevention Method on Seawater Mixed Mortar*" dan didanai melalui skema hibah Penelitian dasar pada tahun 2022/2023 oleh LRI UMY Tahun Anggaran 2022/2023 dengan nomor hibah 20/RIS-LRI/2022.

Penulis



Ibnu Syarifudin

Yogyakarta

Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, ST, M. Eng

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas rahmat yang telah diberikan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Terima kasih kepada Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T,M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan dukungan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Terima kasih kepada bapak, ibu, adik serta keluarga yang selalu memberikan dukungan, semangat serta mendoakan agar mampu menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan sesuai apa yang diharapkan.

Terima kasih kepada teman-teman dekat saya yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu yang telah menemani dalam mengerjakan dan memberikan motivasi serta semangat.

Terima kasih kepada teman-teman Teknik Sipil 2019 UMY yang telah menemani selama berada di bangku perkuliahan.

PRAKATA



Assalamualaikum 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 menganalisis potensial korosi pada *tap water mixed* mortar dengan bahan ikat *portland composite cement* (PCC) dan *portland pozzoland cement* (PPC)

Selama penyusun 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 Sipi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, ST, M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir.
3. Bapak Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji.
4. Orang-orang terdekat saya.
5. Teman-teman Teknik Sipil 2019 yang telah berjuang bersama selama perkuliahan.
6. Seluruh orang yang telah mendukung saya baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

Billahi Fi Sabililhaq Fastabiqul Khaerat

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR ISTILAH	xviii
ABSTRAK.....	xix
ABSTRACT.....	xx
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 Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.1.1. Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Dasar Teori.....	27
2.2.1. Mortar	27
2.2.2. Bahan Penyusun Mortar	27
2.2.3 Korosi	29
2.2.4 Half-Cell Potential.....	31
2.2.5 Coating	32
2.2.6 Karbonasi.....	33

BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Materi	34
3.2 Bahan	34
3.3 Alat.....	35
3.4 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	39
3.5 Tahap Penelitian.....	40
3.5.1 Studi Pustaka	41
3.5.2 Persiapan Alat dan Bahan.....	41
3.5.3 Pengecekan Benda Uji Sebelumnya.....	41
3.5.4 Aplikasi Metode <i>Coating</i>	43
3.5.5 Exposure Condition	43
3.5.6 Uji Potensial Korosi	44
3.5.7 Penghancuran Benda Uji (<i>Crushing</i>).....	44
3.5.8 Uji Karbonasi.....	44
3.5.9 Uji Korosi Aktual	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Pengujian Potensial Korosi	46
4.1.1 Benda Uji A Dengan Bahan Ikat PCC ditambah PPC	47
4.1.2 Benda Uji FH Dengan Bahan Ikat PCC	57
4.1.3 Perbandingan Potensi Korosi Pada Keseluruhan Benda Uji	67
4.1.4 Hasil Pengujian Karbonasi	69
4.1.5 Perbandingan Uji Karbonasi Pada Keseluruhan Benda Uji	70
4.1.6 Hasil Pengujian Perhitungan Korosi Aktual.....	71
4.1.7 Perbandingan Nilai Korosi Aktual	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan	79
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil pengujian kedalaman karbonasi beton (Wibowo et al., 2020)	19
Tabel 2. 2 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini.....	20
Tabel 2. 3 Klasifikasi korosi (ASTM, 2017).....	32
Tabel 3. 1 Benda Uji Bahan Ikat PCC	42
Tabel 3. 2 Benda Uji Bahan Ikat PCC ditambah PPC	42
Tabel 3. 3 Rencana Pengujian	44
Tabel 4. 1 Kedalaman Karbonasi Mortar A	69
Tabel 4. 2 Kedalaman Karbonasi Mortar FH.....	70
Tabel 4. 3 Hasil Korosi Aktual Mortar A	73
Tabel 4. 4 Hasil Korosi Aktual Mortar FH	75
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Berat Massa Pada Tulangan Tebal Selimut 3 cm.....	76
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Berat Massa Pada Tulangan Tebal Selimut 10 cm.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik potensial korosi dengan jarak anoda-katoda 5 mm pada minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna et al., 2018)	7
Gambar 2.2 Grafik potensial korosi dengan jarak anoda-katoda 10 mm pada minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna et al., 2018)	7
Gambar 2.3 Grafik potensial korosi dengan jarak anoda-katoda 20 mm pada minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna et al., 2018)	7
Gambar 2.4 Grafik potensial korosi dengan jarak anoda-katoda 5 mm, 10 mm, dan 20 mm dari minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna et al., 2018)	8
Gambar 2.5 Grafik perbandingan tingkat korosi BB dan BBP pada tebal selimut 4 cm dengan media rendaman NaCl 3,5%.....	9
Gambar 2.6 Grafik perbandingan tingkat korosi BB dan BBP pada tebal selimut 4 cm dengan media rendaman air tawar	9
Gambar 2.7 (a) Proses Depolarisasi pada Spesimen Korosi Awal Tinggi dan (b) Korosi Awal Rendah.....	10
Gambar 2.8 (a) Perubahan Potensial Spesimen Korosi Awal Tinggi dan (b) Korosi Awal Rendah Selama 30 Hari.....	10
Gambar 2.9 Potensial Korosi pada BBSTA.....	11
Gambar 2.10 Perbandingan nilai potensial korosi dari semua beton	11
Gambar 2.11 Nilai susut beton berdasarkan jenis supplementary material.....	12
Gambar 2.12 Hasil kapasitas beban tiap benda uji berkarat pada presentase serat polypropylene 0% (Bicer et al., 2018)	13
Gambar 2.13 Hasil kapasitas beban benda uji dengan presentase korosi 0% (Bicer et al., 2018)	13
Gambar 2.14 Hasil kapasitas beban benda uji dengan presentase korosi 5% (Bicer et al., 2018)	13
Gambar 2.15 Hasil kapasitas beban benda uji dengan presentase korosi 7% (Bicer et al., 2018)	14
Gambar 2.16 Hasil kapasitas beban benda uji dengan presentase korosi 9% (Bicer et al., 2018)	14

Gambar 2.17 Hasil uji half-cell potential baja tulangan beton terlapisi bahan kristal dan tidak terlapisi, (a) faktor air semen 0,45, (b) faktor air semen 0,5, dan (c) faktor air semen 0,6 (Kheaw-on et al., 2018).....	15
Gambar 2.18 Nilai potensial half-cell potential (a) benda uji CNI dan (b) benda uji non-CNI (Harahap et al., 2019)	16
Gambar 2.19 Hubungan laju korosi pada konsentrasi larutan NaOH di temperatur 40 dan 45°C (Elma, Nurhalisah, & Hidayanti, 2020).....	17
Gambar 2.20 Hubungan antara laju korosi terhadap temperatur pada konsentrasi inhibitor larutan NaOH 0,1 dan 0,5 N (Elma, Nurhalisah, & Hidayanti, 2020)	17
Gambar 2.21 Kapasitas penampang balok dalam memikul momen lentur (Rasyid et al., 2022).....	18
Gambar 2. 22 Grafik hubungan kedalaman karbonasi dengan variasi komposisi metakaolin (Wibowo et al., 2020)	19
Gambar 2.23 Skema pengujian <i>half-cell potential</i> (Astuti & Fahma, 2022).....	32
Gambar 3.1 Air Tawar	34
Gambar 3.2 Benda Uji Mortar	35
Gambar 3.3 <i>Phenopthaline</i>	35
Gambar 3.4 <i>Digital Multimeter</i>	36
Gambar 3.5 <i>Reference Electrode</i>	36
Gambar 3.6 Kabel dan Skun Kabel.....	36
Gambar 3.7 <i>Box Styrofoam</i>	37
Gambar 3.8 Handuk	37
Gambar 3.9 Jangka Sorong	37
Gambar 3.10 Semprotan.....	38
Gambar 3.11 Timbangan digital	38
Gambar 3.12 Gerinda	39
Gambar 3.13 Pengukur Suhu	39
Gambar 3.14 Flowchart Tahapan Penelitian.....	40

Gambar 3.15 Sketsa Benda Uji	43
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan <i>Coating</i> pada kondisi <i>Dry Laboratory Condition</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm.....	48
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan <i>Coating</i> pada kondisi <i>Dry Wet Cycle</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm.....	49
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan <i>Coating</i> pada kondisi <i>Wet Towel Condition</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm.....	50
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan <i>Exposure Condition</i> pada pencegahan <i>non coating</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm	52
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan <i>Exposure Condition</i> pada pencegahan <i>surface coating</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 3 cm.....	53
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan <i>Exposure Condition</i> pada pencegahan <i>steel coating</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm.....	54
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Tebal Selimut pada kondisi <i>dry laboratory condition</i>	55
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Tebal Selimut pada kondisi <i>dry wet cycle</i>	56
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Tebal Selimut pada kondisi <i>wet towel condition</i>	56
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan <i>Coating</i> pada kondisi <i>Dry Laboratory Condition</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm.....	58
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan <i>Coating</i> pada kondisi <i>Dry Wet Cycle</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm.....	59
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan <i>Coating</i> pada kondisi <i>Wet Towel Condition</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm.....	60

Gambar 4.13 Grafik Perbandingan <i>Exposure Condition</i> pada pencegahan <i>non coating</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm	62
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan <i>Exposure Condition</i> pada pencegahan <i>surface coating</i> , (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm	63
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan <i>Exposure Condition</i> selimut 3 cm pada pencegahan <i>steel coating</i> (a) tebal selimut 3 cm, dan (b) tebal selimut 10 cm	64
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Tebal Selimut pada kondisi <i>Dry Laboratory Condition</i>	65
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Tebal Selimut pada kondisi <i>Dry Wet Cycle</i>	66
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Tebal Selimut pada kondisi <i>Wet Towel Condition</i>	66
Gambar 4.19 Diagram Perbandingan potensi korosi pada keseluruhan benda uji.....	67
Gambar 4.20 Karbonasi pada Mortar A.....	69
Gambar 4.21 Karbonasi pada Mortar FH.....	70
Gambar 4.22 Diagram perbandingan kedalaman karbonasi pada keseluruhan benda uji	71
Gambar 4.23 Tulangan baja Mortar A	72
Gambar 4.24 Hasil Sketsa Korosi Tulangan Mortar A	72
Gambar 4.25 Tulangan baja Mortar FH.....	74
Gambar 4.26 Hasil Sketsa Korosi Tulangan Mortar FH.....	74
Gambar 4.27 Diagram perbandingan korosi aktual (%) pada keseluruhan benda uji	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto Kegiatan Pengujian	84
Lampiran 2 Pengujian Karbonasi.....	85
Lampiran 3 Pengujian Korosi Tulangan	86

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
HCP	[mV;CSE]	Potensial korosi
SSE	[mV]	Potensial korosi
CSE	[mV]	Potensial korosi
L	[cm ²]	Luas selimut tulang
r	[cm]	Jari-jari tulang
t	[cm]	Tinggi tulang
AC	[%]	Persentase luasan permukaan terkorosi

DAFTAR SINGKATAN

PCC	: <i>Portland Composite Cement</i>
PPC	: <i>Portland Pozzoland Cement</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
BSN	: Badan Standarisasi Nasional
ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
HCP	: <i>Half-Cell Potential</i>
SSE	: <i>Silver-Silver / Chloride Electrode</i>
CSE	: <i>Copper-Copper Sulfate Electrode</i>
NaCl	: <i>Natrium Chloride</i>
C ₂₀ H ₁₄ O ₄	: Larutan kimia <i>phenolphthalein</i>

DAFTAR ISTILAH

1. *Half-Cell Potential*
Merupakan metode pengukuran korosi dengan menggunakan *multimeter* dan *reference electrode*
2. *Carbonation Test*
Pengujian karbonasi dengan perubahan warna pada permukaan mortar sebagai indikatornya.
3. *Exposure Condition*
Exposure Condition adalah paparan kondisi yang dilakukan pada beton.
4. *Dry Laboratorium*
Dry Laboratorium merupakan metode paparan kondisi yang dilakukan pada beton dengan membiarkan beton di dalam suhu udara laboratorium.
5. *Wet Condition*
Metode paparan kondisi yang diberikan pada beton dengan membungkus beton dan membasahi beton menggunakan air laut yang kemudian dibungkus menggunakan plastik.
6. *Dry Wet Cycle*
Metode paparan kondisi dengan melakukan siklus basah dengan merendam benda uji dalam air laut selama 2 hari dan melakukan siklus kering dengan membiarkan benda uji pada suhu laboratorium selama 5 hari.
7. *Surface Concrete Coating*
Perlapisan pada permukaan benda uji dengan melakukan pengecatan beton dengan cat anti korosi.
8. *Steel Coating*
Metode pelapisan pada baja bertulang menggunakan cat anti korosi sebagai upaya pencegahan korosi.
9. *Mix Design*
Komposisi penyusun dari pembuatan mortar.
10. *Crushing*
Metode pembelahan mortar dengan mesin gerinda.