

TUGAS AKHIR

**POTENSIAL KOROSI PADA *SEA WATER MIXED* MORTAR
DENGAN AGREGAT HALUS LIMBAH *BATCHING PLANT*
BAHAN IKAT PPC DAN PCC**

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



Disusun oleh
Iqbal Asrofi
20190110146

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Iqbal Asrofi

NIM : 20190110146

Judul : Potensial Korosi Pada *Sea Water Mixed* Mortar dengan Agregat Halus Limbah *Batching Plant* Bahan Ikat PPC dan PCC

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 kemudian 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, 13 April 2023



Iqbal Asrofi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Iqbal Asrofi
NIM : 20190110146
Judul : Potensial Korosi Pada *Sea Water Mixed* Mortar dengan Agregat Halus Limbah *Batching Plant* Bahan Ikat PPC dan PCC

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul “*Corrosion and Carbonation Test on Sea Water Mixed Mortar with Fine Aggregate Waste Batching Plant PPC and PCC Binding Material*” dan didanai melalui skema hibah Penelitian dasar pada tahun 2021/2022 oleh LRI UMY Tahun Anggaran 2021/2022 dengan nomor hibah 20/RIS-LRI/2022.

Yogyakarta, 30 Mei 2023

Penulis



Iqbal Asrofi

Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., 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 kedua orang tua, kakak, serta keluarga yang selalu memberikan dukungan, semangat serta mendoakan agar mampu menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan sesuai apa yang diharapkan.

Terima kasih kepada kelompok Tugas Akhir: Adinda, Septian, Ibnu, dan Faishal yang telah berjuang bersama dalam mengerjakan tugas akhir hingga selesai.

Terima kasih kepada teman-teman dekat saya Qori, Galuh, Chanief, Rivky, Rama, Ridwan, Nur, Alief, Ashraf 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



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. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan limbah *batching plant* sebagai agregat halus pada campuran mortar, disertai dengan nilai potensial korosi yang diperoleh, efek yang timbul dari karbonasi, dan nilai korosi aktual pada benda uji mortar.

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. 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. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.

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, 13 April 2023


Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
DAFTAR ISTILAH	xx
ABSTRAK	xxi
<i>ABSTRACT</i>	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Lingkup Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	9
2.1 Tinjauan Pustaka	9
2.1.1 Penggunaan Mortar Terhadap Laju Korosi Baja Tulangan	9
2.1.2 Penggunaan Air Laut Terhadap Kekuatan Beton.....	10
2.1.3 Pengaruh Lingkungan Terhadap Potensial dan Laju Korosi Pada Beton	15
2.1.4 Pengaruh Tebal Selimut Beton Terhadap Potensial Korosi.....	18
2.1.5 Uji Karbonasi Untuk Mengetahui Kedalaman Paparan CO ₂ Pada Beton	20
2.1.6 Analisis Potensial Korosi Menggunakan Metode <i>Half Cell Potential</i>	21
2.2 Landasan Teori.....	32

2.2.1	Mortar.....	32
2.2.2	Penyusun Mortar	33
2.2.3	Korosi.....	34
2.2.4	Mekanisme Korosi	35
2.2.5	Uji Karbonasi	36
2.2.6	<i>Half Cell Potential</i>	37
2.2.7	Perhitungan Korosi Aktual.....	38
BAB III METODE PENELITIAN.....		39
3.1	Materi.....	39
3.2	Alat.....	41
3.3	Bahan	49
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian.....	50
3.5	Tahapan Penelitian.....	51
3.5.1	Persiapan Alat, Bahan, dan Benda Uji	52
3.5.2	Studi Pustaka.....	53
3.5.3	Pengujian Potensial Korosi dengan Metode <i>Half-Cell Potential</i> dengan Perlakuan Paparan (<i>Exposure Condition</i>).....	53
3.5.4	<i>Crushing</i> Benda Uji (Pembelahan)	56
3.5.5	Pengujian Kedalaman Karbonasi	57
3.5.6	Perhitungan Persen Korosi Aktual	58
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		60
4.1	Hasil Pengujian <i>Half Cell-Potential</i> (HCP).....	60
4.1.1	Benda Uji dengan Agregat Halus Pasir 100% (kode FS)	60
4.1.2	Benda Uji Agregat Halus Limbah <i>Batching Plan</i> 100% (kode YH).....	73
4.1.3	Diagram Perbandingan.....	85
4.2	Hasil Pengujian Karbonasi.....	86
4.2.1	Benda Uji dengan Agregat Halus Pasir 100% (kode FS)	86
4.2.2	Benda Uji dengan Agregat Halus Limbah <i>Batching Plan</i> 100% (kode YH).....	88
4.2.3	Diagram Perbandingan.....	90
4.3	Hasil Pengujian Korosi Aktual	91
4.3.1	Benda Uji dengan Agregat Halus Pasir 100% (kode FS)	91
4.3.2	Benda Uji dengan Agregat Halus Limbah <i>Batching Plan</i> 100% (kode YH).....	95

4.3.3 Diagram Perbandingan.....	99
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	100
5.1 Kesimpulan	100
5.2 Saran	101
LAMPIRAN.....	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Pengujian Karbonasi (Wibowo, 2020)	21
Tabel 2. 2 Perbandingan penelitian saat ini dengan penelitian terdahulu	28
Tabel 2. 7 Klasifikasi Tingkatan Korosi (ASTM, 2017)	38
Tabel 3. 1 Spesifikasi Benda Uji.....	40
Tabel 3. 2 Spesifikasi Benda Uji.....	52
Tabel 3. 3 Klasifikasi Tingkatan Korosi (ASTM, 2017)	56
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Kedalaman Karbonasi Benda Uji Kode FS	87
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Kedalaman Karbonasi Benda Uji Kode YH.....	89
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Persentase Korosi Aktual Benda Uji Kode FS.....	93
Tabel 4. 4Hasil Perhitungan Persentase Korosi Aktual Benda Uji Kode YH	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil pengujian kuat tekan (Younis dkk., 2018).....	11
Gambar 2. 2 Hasil pengujian kuat tarik (Younis dkk., 2018)	12
Gambar 2. 3 Hasil uji kuat tekan benda uji rendaman larutan NaCl (Yulisma- wati dkk, 2021)	13
Gambar 2. 4 Hasil uji kuat tekan benda uji rendaman larutan NaCl dan air gambut (Yulismawati dkk, 2021)	14
Gambar 2. 5 Perubahan berat yang terjadi pada benda uji rendaman larutan NaCl (Yulismawa-ti dkk, 2021).....	14
Gambar 2. 6 Perubahan berat yang terjadi pada benda uji rendaman larutan NaCl dan air gam-but (Yulismawati dkk, 2021).....	15
Gambar 2. 7 Grafik initial corrosion menggunakan metode Half Cell Potential (Ngudiyono dkk, 2022).....	16
Gambar 2. 8 Grafik hasil pengujian korosi (Roni dkk, 2021).....	17
Gambar 2. 9 Mekanisme penelitian yang dilakukan (Pramudiyanto dkk, 2011)..	19
Gambar 2. 10 Grafik grafik hubungan laju korosi dengan tebal beton (Pramudiyanto dkk, 2011)	19
Gambar 2. 11 Grafik grafik hubungan densitas arus korosi dengan tebal beton (Pramudiyanto dkk, 2011)	20
Gambar 2. 12 Grafik Hasil Dari Pengujian Karbonasi (Wibowo dkk, 2020).....	21
Gambar 2. 13 Detail pengukuran HCP pada benda uji (Patah dkk, 2022).....	22
Gambar 2. 14 Nilai HCP benda uji agregat halus pasir laut (Patah dkk, 2022)....	23
Gambar 2. 15 Nilai HCP benda uji agregat halus pasir sungai (Patah dkk, 2022)	23
Gambar 2. 16 Grafik hasil pengujian potensi korosi dengan jarak anoda katoda 5 mm (Fonna dkk, 2018)	25
Gambar 2. 17 Grafik hasil pengujian potensi korosi dengan jarak anoda katoda 10 mm (Fonna dkk, 2018)	25
Gambar 2. 18 Grafik hasil pengujian potensi korosi dengan jarak anoda katoda 20 mm (Fonna dkk, 2018)	25
Gambar 2. 19 Grafik rata rata hasil pengujian potensi korosi dengan jarak anoda katoda 5, 10, 20 mm (Fonna dkk, 2018).....	26

Gambar 2. 20 Skema pemberian korosi awal (Kevin dkk, 2019)	27
Gambar 2. 21 Hasil pengujian beda potensial menggunakan metode HCP (Kevin dkk, 2019).....	27
Gambar 2. 22 Skema Ilustrasi Korosi Tulangan Baja pada Beton (Ngudiyono dkk, 2022).....	35
Gambar 2. 23 Korosi logam Fe dan berubah menjadi oksidanya (Ariyanto, 2022).....	36
Gambar 2. 24 Reaksi kimia korosi (Fahirah, 2007).....	36
Gambar 2. 25 Pengujian percepatan korosi (Ghewa, 2022).....	37
Gambar 2. 26 Skema Ilustrasi Korosi Tulangan Baja pada Beton (Ngudiyono dkk, 2022).....	37
Gambar 3. 1 Digital Multimeter	41
Gambar 3. 2 reference electrode	41
Gambar 3. 3 Styrofoam	42
Gambar 3. 4 Handuk	42
Gambar 3. 5 Timbangan.....	43
Gambar 3. 6 Nampan	43
Gambar 3. 7 Pengukur Suhu Ruang.....	44
Gambar 3. 8 Semprotan.....	44
Gambar 3. 9 Mesin Gerinda	45
Gambar 3. 10 Pengaris	45
Gambar 3. 11 Spidol	46
Gambar 3. 12 Tisu.....	46
Gambar 3. 13 Palu.....	47
Gambar 3. 14 Plastik Mika.....	47
Gambar 3. 15 Pahat.....	48
Gambar 3. 16 Plester/Selotip	48
Gambar 3. 17 Air Laut (Sea Water).....	49
Gambar 3. 18 Larutan Phenolphthalein	49
Gambar 3. 19 . Benda Uji Kode FS	50
Gambar 3. 20 Benda Uji Kode YH.....	50
Gambar 3. 21 Bagan Alir	51

Gambar 3. 22 Exposure Wet Towel.....	53
Gambar 3. 23 Exposure Dry Laboratory	54
Gambar 3. 24 Exposure Dry Wet Cycle Pada Saat Direndam.....	54
Gambar 3. 25 Pengujian Half-Cell Potential.....	55
Gambar 3. 26 Proses Crushing Benda Uji	57
Gambar 3. 27 Penyemprotan cairan phenolphthalein	57
Gambar 3. 28 Pengukuran kedalaman bagian mortar yang teroksidasi.....	58
Gambar 3. 29 Proses Sketsa Bagian Tulangan Terkorosi	58
Gambar 4. 1 (a) Grafik Perbandingan coating selimut 3cm pada kondisi wet towel (b) Grafik Perbandingan coating selimut 10cm pada kondisi wet towel	61
Gambar 4. 2 (a) Grafik Perbandingan coating selimut 3cm pada kondisi dry laboratory (b) Grafik Perbandingan coating selimut 10cm pada kondisi dry laboratory	62
Gambar 4. 3 (a) Grafik Perbandingan coating selimut 3cm pada kondisi dry wet cycle (b) Grafik Perbandingan coating selimut 10cm pada kondisi dry wet cycle.....	64
Gambar 4. 4 (a) Grafik Perbandingan exposure selimut 3cm pada pencegahan non coating (b) Grafik Perbandingan exposure selimut 10cm pada pencegahan non coating	66
Gambar 4. 5 (a) Grafik Perbandingan exposure selimut 3cm pada pencegahan surface coating (b) Grafik Perbandingan exposure selimut 10cm pada pencegahan surface coating.....	67
Gambar 4. 6 (a) Grafik Perbandingan exposure selimut 3cm pada pencegahan steel coating (b) Grafik Perbandingan exposure selimut 10cm pada pencegahan steel coating	69
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Tebal Selimut Mortar Pada Exposure Wet Towel.....	70
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Tebal Selimut Mortar Pada Exposure Dry Laborato- ry.....	71
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Tebal Selimut Mortar Pada Exposure Dry Wet Cycle.....	72

Gambar 4. 10 (a) Grafik Perbandingan coating selimut 3cm pada kondisi wet towel (b) Grafik Perbandingan coating selimut 10cm pada kondisi wet towel.....	73
Gambar 4. 11 Gambar 4. (a) Grafik Perbandingan coating selimut 3cm pada kondisi dry laboratory (b) Grafik Perbandingan coating selimut 10cm pada kondisi dry laboratory	75
Gambar 4. 12 (a) Grafik Perbandingan coating selimut 3cm pada kondisi dry wet cycle (b) Grafik Perbandingan coating selimut 10cm pada kondisi dry wet cycle.....	76
Gambar 4. 13 (a) Grafik Perbandingan exposure selimut 3cm pada pencegahan non coating (b) Grafik Perbandingan exposure selimut 10cm pada pencegahan non coating	78
Gambar 4. 14 (a) Grafik Perbandingan exposure selimut 3cm pada pencegahan surface coating (b) Grafik Perbandingan exposure selimut 10cm pada pencegahan surface coating.....	80
Gambar 4. 15 (a) Grafik Perbandingan exposure selimut 3cm pada pencegahan steel coating (b) Grafik Perbandingan exposure selimut 10cm pada pencegahan steel coating	81
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Tebal Selimut Mortar Pada Exposure Wet Towel.....	83
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Tebal Selimut Mortar Pada Exposure Dry Laborato- ry.....	83
Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan Tebal Selimut Mortar Pada Exposure Dry Wet Cy- cle	84
Gambar 4. 19 Perbandingan Potensial Korosi Dengan Metode Pengujian HCP Pada Empat Jenis Parameter	85
Gambar 4. 20 Keadaan Benda Uji Kode FS Setelah Disemprot Cairan Phenolphthalein	87
Gambar 4. 21 Perbandingan Kedalaman Karbonasi Benda Uji Kode FS.....	88
Gambar 4. 22 Keadaan Benda Uji Kode YH Setelah Disemprot Cairan Phenolphthalein	88
Gambar 4. 23 Perbandingan Kedalaman Karbonasi Benda Uji Kode YH	89

Gambar 4. 24 Perbandingan Kedalaman Karbonasi Yang Terjadi Pada Tiga Jenis Parameter.....	90
Gambar 4. 25 Tulangan Benda Uji Kode FS Setelah Dilepas Dari Mortar	91
Gambar 4. 26 Hasil Sketsa Korosi Pada Tiap Tulangan.....	92
Gambar 4. 27 Perbandingan Nilai Korosi Aktual Tulangan Benda Uji FS	93
Gambar 4. 28 Tulangan Benda Uji Kode YH Setelah Dilepas Dari Mortar.....	95
Gambar 4. 29 Hasil Sketsa Korosi Pada Tiap Tulangan.....	96
Gambar 4. 30 Perbandingan Nilai Korosi Aktual Tulangan Benda Uji YH.....	97
Gambar 4. 31 Perbandingan Nilai Persen Korosi Aktual Pada Empat Jenis Parameter.....	99

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto Kegiatan	105
Lampiran 2 Pengujian Aktual Korosi	106

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
HCP	[mV]	Potensial korosi
SSE	[mV]	Potensial korosi
CSE	[mV]	Potensial korosi
L	[cm ²]	Luas selimut tulangan
r	[cm]	Jari-jari tulangan
t	[cm]	Tinggi tulangan
C.Depth	[cm]	Kedalaman karbonasi
A.Corrosion	[%]	Persentase luasan permukaan terkorosi

DAFTAR SINGKATAN

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

DAFTAR ISTILAH

1. *Half-Cell Potential*
Metode yang berfungsi untuk memperoleh nilai potensial korosi tulangan baja pada mortar.
2. *Exposure Condition*
Kondisi paparan yang diterapkan pada benda uji bersamaan ketika metode hcp dilakukan.
3. *Carbonation Test*
Pengujian karbonasi dengan perubahan warna pada permukaan mortar sebagai indikatornya.
4. *Non Coating*
Mortar tanpa perlindungan korosi.
5. *Steel Coating*
Mortar dengan pelapisan cat anti korosi pada permukaan tulangan baja.
6. *Surface Coating*
Mortar dengan pelapisan cat anti korosi pada permukaan mortar.
7. *Batching Plant*
Tempat pembuatan beton segar.
8. *Mix Design*
Komposisi penyusun dari pembuatan mortar.
9. *Crushing*
Metode pembelahan mortar dengan mesin gerinda.