

TUGAS AKHIR

**STUDI EKSPERIMENTAL PENCEGAHAN KOROSI DENGAN
METODE *STEEL COATING* DAN *CONCRETE SURFACE
COATING* PADA *SEA WATER MIXED* MORTAR DENGAN
BAHAN IKAT *PORTLAND COMPOSITE CEMENT (PCC)***



Disusun oleh:

Afdhal Kresna Aulia

20180110247

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2022

TUGAS AKHIR

**STUDI EKSPERIMENTAL PENCEGAHAN KOROSI DENGAN
METODE *STEEL COATING* DAN *CONCRETE SURFACE
COATING* PADA *SEA WATER MIXED* MORTAR DENGAN
BAHAN IKAT *PORTLAND COMPOSITE CEMENT* (PCC)**

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



Afdhal Kresna Aulia

20180110247

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

2022

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Afdhal Kresna Aulia
NIM : 20180110247
Judul : Studi Eksperimental Pencegahan Korosi dengan Metode *Steel Coating* dan *Concrete Surface Coating* pada *Sea Water Mixed Mortar* dengan Bahan Ikat *Portland Composite Cement (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 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, 7 Mei 2022

Yang membuat pernyataan



Afdhal Kresna Aulia

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Afdhal Kresna Aulia

NIM : 20180110247

Judul : Studi Eksperimental Pencegahan Korosi dengan Metode *Steel Coating* dan *Concrete Surface Coating* pada *Sea Water Mixed Mortar* dengan Bahan Ikat *Portland Composite Cement (PCC)*

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul “Effect of corrosion damage on RC structures capacity and experimental study on the application of corrosion inhibitor as intervension methods” dan didanai melalui skema hibah Penelitian Dasar pada tahun 2021/2022 oleh LRI UMY Tahun Anggaran 2021/2022 dengan nomor hibah 20/RIS-LRI/I/2022

Yogyakarta, 7 Mei 2022

Penulis,



Afdhal Kresna Aulia

Dosen Peneliti,



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil'Alamin, segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas berkah, rahmat serta karunia-Nya yang telah diberikan selama ini. Tak lupa juga sholawat serta salam selalu tucurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya.

Tugas Akhir ini dipersembahkan untuk kedua orang tua, dosen pembimbing, keluarga, kerabat, rekan serta seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih kepada Ibu Supinah dan Bapak Agus Teguh Raharjo yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan moril maupun materil secara tulus dan ikhlas sehingga penulis bisa menjadi pribadi yang lebih baik seperti sekarang.

Terima kasih kepada Ibu Dr.Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. yang telah memberikan arahan, bimbingan serta bantuan dengan penuh keikhlasan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Terima kasih kepada Luthfi Wiggi Avianto, S.T., Chika Ananda Deagusti dan Esta Arrabi Lathifah Azka yang terus mendorong dan memberi semangat untuk segera menyelesaikan kuliah ini.

Terima kasih kepada Fajrin Sulis Fikrianti, S.H. yang terus memotivasi dan selalu memberi semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih kepada teman-teman kelompok Tugas Akhir yang telah membantu saat proses pengujian dan penyusunan laporan Tugas Akhir.

Terima kasih kepada teman-teman Kang Gocek 99 yang telah menemani dan menghibur dikala penulis sedang jenuh.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengujian maupun penyusunan laporan Tugas Akhir ini hingga akhirnya dapat diselesaikan.

“Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times.” -Snoop dogg

PRAKATA



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para 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 mengkaji metode yang tepat dalam usaha mencegah korosi tulangan baja pada beton bertulang.

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 Ir. 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. Fadillawaty Saleh, M.T. 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, 7 Mei 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xvii
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.....	2
1.3 Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 Metode Pencegahan Korosi Tulangan Baja.....	5
2.1.2 Pengaruh Tebal Selimut Beton Terhadap Korosi Tulangan	15
2.1.3 Pengaruh Air Laut Sebagai Bahan Penyusun Beton.....	18
2.1.4 Pengaruh Air Laut Sebagai Air Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	22
2.2 Dasar Teori	29
2.2.1 Beton	29
2.2.2 Bahan Penyusun Beton	30
2.2.3 Pemeriksaan Agregat Halus	31
2.2.4 <i>Mix Design</i>	34
2.2.5 Uji Tarik Baja.....	35

2.2.6	<i>Fresh Properties</i>	36
2.2.7	Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	37
2.2.8	<i>Hardened Properties</i>	37
2.2.9	Korosi.....	39
2.2.10	<i>Half-Cell Potential Test</i>	39
BAB III. METODE PENELITIAN.....		41
3.1	Materi Penelitian.....	41
3.2	Bahan	43
3.3	Alat	50
3.4	Tempat dan Waktu Penelitian.....	60
3.5	Tahapan Penelitian.....	60
3.5.1	Persiapan Alat dan Bahan	60
3.5.2	Pengujian Material	60
3.5.3	<i>Mix Design</i>	63
3.5.4	Pembuatan Benda Uji.....	64
3.5.5	Masa Perawatan (<i>Curing</i>)	66
3.5.6	<i>Hardened Properties</i>	66
3.5.7	Masa Paparan (<i>Exposure condition</i>)	69
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		71
4.1	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	71
4.1.1	Hasil Uji Gradasi Butiran.....	71
4.1.2	Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air.....	73
4.1.3	Hasil Uji Kadar Air	73
4.1.4	Hasil Uji Kadar Lumpur.....	73
4.2	Hasil Uji Kuat Tarik Baja.....	74
4.3	Pengujian <i>Fresh Properties</i>	74
4.3.1	Hasil <i>Slump Test</i>	74
4.3.2	Hasil <i>Flow Table Test</i>	74
4.3.3	Hasil Uji Densitas	75
4.4	Pengujian <i>Hardened Properties</i>	75
4.4.1	Hasil Uji Susut	75
4.4.2	Hasil Uji Kuat Tekan	76
4.4.3	Hasil Uji Kuat Tarik Belah	76
4.4.4	Hasil Uji Kuat Lentur.....	77
4.5	Hasil <i>Half-cell Potential Test</i>	78
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		84

5.1 Kesimpulan.....	84
5.2 Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	86
LAMPIRAN.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Seri spesimen CNI (Harahap dkk., 2019)	11
Tabel 2.2 Seri spesimen tanpa CNI (Harahap dkk., 2019).....	11
Tabel 2.3 Variasi spesimen (Voulgari dkk., 2019)	14
Tabel 2.4 Hasil pengujian laju korosi baja (Chrismaningwang dkk., 2017).....	22
Tabel 2.5 Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan saat ini.....	25
Tabel 2.6 Klasifikasi potensi korosi (ASTM, 1999).....	40
Tabel 3.1 <i>Mix design</i> mortar per 1 m ³	64
Tabel 4.1 Hasil pengujian gradasi butiran agregat halus	71
Tabel 4.2 Hasil analisis pemeriksaan agregat halus (pasir)	73
Tabel 4.3 Hasil pengujian <i>slump</i>	74
Tabel 4.4 Hasil pengujian densitas.....	75
Tabel 4.5 Hasil analisis hitungan susut beton	76
Tabel 4.6 Hasil pengujian kuat tekan.....	76
Tabel 4.7 Hasil pengujian kuat tarik belah.....	77
Tabel 4.8 Hasil pengujian kuat lentur	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik potensial korosi rata-rata spesimen dengan jarak anoda-katoda 5 mm, 10 mm, dan 20 mm (Fonna dkk., 2018).....	5
Gambar 2.2 Grafik hubungan konsentrasi inhibitor dengan laju korosi (Sultan dkk., 2021).....	7
Gambar 2.3 Potensial korosi rata-rata dengan w/c = 0,5, (a) baja D15 mm, (b) baja D35 mm (Pei dkk., 2017)	9
Gambar 2.4 Potensial korosi rata-rata dengan w/c = 0,7, (a) baja D15 mm, (b) baja D35 mm (Pei dkk., 2017)	10
Gambar 2.5 Sketsa spesimen, (a) tanpa CNI, (b) seri 1, (c) seri 2 (Harahap dkk., 2019).....	12
Gambar 2.6 Nilai potensial korosi, (a) dengan CNI, (b) tanpa CNI (Harahap dkk., 2019).....	13
Gambar 2.7 Hasil pengukuran <i>half-cell potential</i> (Voulgari dkk., 2019).....	15
Gambar 2.8 Sketsa benda uji (Medeiros dkk., 2017).....	15
Gambar 2.9 Simulasi proses pengukuran potensial korosi (Medeiros dkk., 2017).....	16
Gambar 2.10 Pengaruh selimut beton terhadap potensi korosi pada beton (a) dengan tambahan klorida, (b) tanpa klorida (Medeiros dkk., 2017).....	17
Gambar 2.11 Grafik hasil perbandingan (a) dengan laju korosi, (b) densitas arus korosi (Pramudiyanto dkk., 2011).....	18
Gambar 2.12 Grafik hasil (a) uji kuat tekan, (b) uji kuat tarik belah, (c) uji kuat lentur (Gawande dkk., 2017).....	19
Gambar 2.13 Grafik hasil (a) uji kuat tekan, (b) uji kuat tarik belah (Younis dkk., 2018).....	21
Gambar 2.14 Perbandingan laju korosi baja pada beton yang direndam pada air tawar dan air laut (Chrismaningwang dkk., 2017)	23
Gambar 2.15 Grafik perbandingan laju korosi beton busa normal dan beton busa pozzolan, (a) Media rendaman NaCl 3,5%, (b) Media rendaman air tawar (Amri dkk., 2018).....	24
Gambar 2.16 Ilustrasi <i>half-cell potential test</i> (Elmyra dkk., 2020)	39
Gambar 3.1 Sketsa spesimen kubus	41
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian (bagian 1)	42
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian (bagian 2)	43
Gambar 3.4 Agregat halus.....	44
Gambar 3.5 Semen PCC	44

Gambar 3.6 Air laut.....	45
Gambar 3.7 <i>Superplasticizer</i>	45
Gambar 3.8 Tulangan baja.....	46
Gambar 3.9 Cat anti korosi dan tinner.....	46
Gambar 3.10 <i>Resin</i> dan <i>hardener epoxy</i>	47
Gambar 3.11 Oli.....	47
Gambar 3.12 Air suling.....	48
Gambar 3.13 Pipa PVC.....	48
Gambar 3.14 Kabel dan skun.....	49
Gambar 3.15 Plastik <i>wrap</i>	49
Gambar 3.16 <i>Sieve shaker</i>	50
Gambar 3.17 <i>Mixer concrete</i>	50
Gambar 3.18 <i>Compression testing machine</i>	51
Gambar 3.19 <i>Micro-computer universal testing machines</i>	51
Gambar 3.20 Oven.....	52
Gambar 3.21 Kerucut <i>Abrams</i> dan batang penusuk.....	52
Gambar 3.22 Timbangan.....	53
Gambar 3.23 Saringan.....	53
Gambar 3.24 Cetok.....	54
Gambar 3.25 Bekisting, (a) silinder, (b) balok, (c) kubus.....	55
Gambar 3.26 Termometer.....	55
Gambar 3.27 Jangka sorong.....	56
Gambar 3.28 Wadah.....	56
Gambar 3.29 Kuas.....	57
Gambar 3.30 Handuk.....	57
Gambar 3.31 <i>Styrofoam</i>	58
Gambar 3.32 Gergaji.....	58
Gambar 3.33 Voltmeter.....	59
Gambar 3.34 <i>Reference electrode</i>	59
Gambar 3.35 Meja getar.....	60
Gambar 3.36 Pengujian gradasi butiran.....	61
Gambar 3.37 Pengujian berat jenis dan penyerapan air.....	62
Gambar 3.38 Pengujian kadar lumpur.....	62
Gambar 3.39 Pengujian kadar air.....	63

Gambar 3.40 Pengujian Tarik Baja.....	63
Gambar 3.41 Benda uji, (a) kubus, (b) silinder, (c) balok	66
Gambar 3.42 Pengujian <i>fresh properties</i> (a) <i>flow table</i> , (b) <i>slump</i>	66
Gambar 3.43 Proses <i>curing</i>	66
Gambar 3.44 Proses pengujian susut	67
Gambar 3.45 Proses pengujian kuat tekan	67
Gambar 3.46 Proses pengujian kuat tarik belah.....	68
Gambar 3.47 Proses pengujian uji kuat lentur	68
Gambar 3.48 Proses uji potensial korosi.....	69
Gambar 3.49 <i>Exposure condition</i> , (a) <i>dry lab</i> , (b) <i>wet towel</i> , (c) <i>dry wet cycle</i> ...	70
Gambar 4.1 Hubungan berat lolos kumulatif dan ukuran butiran agregat halus ..	72
Gambar 4.2 Hubungan berat lolos kumulatif dan ukuran butiran (daerah 2)	72
Gambar 4.3 Perbandingan umur beton terhadap ketebalan selimut 3 cm dan 10 cm dengan nilai potensial korosi pada spesimen (a) <i>non coating</i> , dan (b) <i>steel coating</i>	79
Gambar 4.4 Perbandingan umur beton terhadap metode pencegahan korosi dengan nilai potensial korosi pada spesimen (a) <i>wet condition</i> , (b) <i>dry lab condition</i> , dan (c) <i>dry-wet cycle</i>	81
Gambar 4.5 Perbandingan umur beton terhadap metode <i>exposure condition</i> dengan nilai potensial korosi pada spesimen (a) <i>non coating</i> , (b) <i>concrete surface coating</i> , dan (c) <i>steel coating</i>	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pemeriksaan gradasi butir agregat halus	89
Lampiran 2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus.....	91
Lampiran 3. Pemeriksaan kadar air agregat halus	93
Lampiran 4. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus	94
Lampiran 5. Pemeriksaan kuat tarik baja.....	95
Lampiran 6. <i>Mix design</i>	97
Lampiran 7. Pengujian densitas beton	100
Lampiran 8. Grafik hasil pengujian kuat tekan beton	101
Lampiran 9. Grafik hasil pengujian kuat tarik belah beton.....	104
Lampiran 10. Grafik hasil pengujian kuat lentur beton	107
Lampiran 11. <i>Time schedule</i> penelitian	110

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
Pbt	[%]	persen berat tertahan
Pbtk	[%]	persen berat tertahan kumulatif
Pblk	[%]	persen berat lolos kumulatif
MHB	[-]	modulus halus butir
Bk	[gram]	berat pasir setelah kering
B	[gram]	berat piknometer berisi air
SSD	[gram]	berat pasir keadaan jenuh kering muka
Bt	[gram]	berat piknometer berisi pasir dan air
Bj SSD	[-]	berat jenis jenuh kering muka
W1	[gram]	berat wadah
W2	[gram]	berat wadah + berat isi pasir
W3	[gram]	berat wadah + berat isi pasir keluar oven
W4	[gram]	berat air
KA	[%]	kadar air
A	[gram]	berat pasir tungku sebelum dicuci
B	[gram]	berat pasir kering tungku setelah dicuci + nampan
C	[gram]	berat nampan
D	[gram]	berat pasir kering tungku setelah dicuci
KL	[gram]	kadar lumpur
Ws	[gram]	berat semen
Wa	[gram]	berat air
Wp	[gram]	berat
Wsp	[gram]	berat <i>superplasticizer</i>
s/p	[-]	perbandingan semen terhadap pasir
FAS	[-]	faktor air semen
Dsp	[%]	kadar <i>superplasticizer</i>
Bsa	[-]	berat satuan air
Bjs	[-]	berat jenis semen
Bja	[-]	berat jenis air
Bjp	[-]	berat jenis pasir
Bjsp	[-]	berat jenis <i>superplasticizer</i>
Vs	[-]	volume absolut semen
Va	[-]	volume absolut air
Vp	[-]	volume absolut pasir
Vsp	[-]	volume absolut <i>superplasticizer</i>
δL	[mm]	perpanjangan
L ₀	[mm]	panjang awal

L_1	[mm]	panjang akhir
$\% \delta L$	[%]	persen perpanjangan
$\% \delta A$	[%]	persen pengurangan luas
A_0	[mm ²]	luas penampang awal
A_1	[mm ²]	luas penampang akhir
E	[kg/mm ²]	modulus elastisitas
σ_y	[kg/mm ²]	tegangan leleh
ε_y	[%]	regangan leleh
D	[kg/m ³]	densitas beton
M_c	[kg]	massa wadah ukur yang diisi beton
M_m	[kg]	massa wadah ukur
V_m	[m ³]	volume wadah ukur
T	[°C]	suhu udara saat pengukuran
CSE	[mV]	nilai potensial listrik
SSE	[mV]	potensial listrik

DAFTAR SINGKATAN

SNI	: Standar Nasional Indonesia
BSN	: Badan Standardisasi Nasional
PCC	: <i>Portland Composite Cement</i>
PC	: <i>Portland Cement</i>
PBB	: Perserikatan Bangsa-Bangsa
WMO	: <i>World Meteorological Organization</i>
NaCl	: Natrium Klorida
Zn	: Zink (Seng)
ASTM	: <i>American Standard Testing and Material</i>
HCP	: <i>Half-Cell Potential</i>
PCC	: Portland Composite Cement
PC	: Portland Cement
BFS	: <i>Blast Furnace Slag</i>
CNI	: <i>Calcium Nitrite-base Inhibitor</i>
SG	: <i>Specific Gravity</i>
OPC	: <i>Ordinary Portland Cement</i>
MHB	: Modulus Halus Butir

DAFTAR ISTILAH

1. *Curing*
Perawatan beton yang bertujuan untuk menjaga kondisi beton dalam keadaan lembab dan tidak kehilangan air.
2. *Half-cell potential test*
Metode pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui potensi korosi yang terjadi pada tulangan baja.
3. *Mix design*
Proporsi atau komposisi bahan material penyusun beton per satuan volume yang diperoleh dari hasil perhitungan.
4. *Fresh concrete*
Suatu kondisi campuran beton atau mortar pada keadaan segar.
5. *Hardened concrete*
Suatu kondisi campuran beton atau mortar pada keadaan yang sudah mengeras (*setting*).
6. *Steel coating*
Metode pelapisan permukaan tulangan baja menggunakan material tertentu sebagai upaya dalam mencegah korosi.
7. *Concrete surface coating*
Metode pelapisan permukaan beton menggunakan material tertentu sebagai upaya dalam mencegah korosi pada tulangan baja.
8. *Inhibitor*
Suatu zat yang dapat menghambat atau menurunkan laju reaksi kimia.