

TUGAS AKHIR

**UJI KOROSI DAN KARBONASI TULANGAN BAJA PADA
MORTAR MENGGUNAKAN *HYDRAULIC CEMENT* (HC)
DENGAN FAS 0,3 DAN FAS 0,4**



Disusun oleh:

ADHITYA ARDHANA

20200110020

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2024

TUGAS AKHIR

**UJI KOROSI DAN KARBONASI TULANGAN BAJA PADA
MORTAR MENGGUNAKAN *HYDRAULIC CEMENT* (HC)
DENGAN FAS 0,3 DAN FAS 0,4**

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



ADHITYA ARDHANA

20200110020

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

2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adhitya Ardhana
NIM : 20200110020
Judul : Uji Korosi dan Karbonasi Tulangan Baja pada Mortar
Menggunakan *Hydraulic Cement* (HC) dengan FAS 0,3
dan FAS 0,4

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, 19 Maret 2024

Yang membuat pernyataan



Adhitya Ardhana

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adhitya Ardhana

NIM : 20200110020

Judul : Uji Korosi dan Karbonasi Tulangan Baja pada Mortar Menggunakan *Hydraulic Cement* (HC) dengan FAS 0,3 dan FAS 0,4

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul "*Corrosion and Carbonation Test of Steel Reinforcement in Mortar Using Hydraulic Cement (HC) with FAS 0,3 and FAS 0,4*" dan didanai melalui skema hibah penelitian dasar pada tahun 2023/2024 oleh LRI UMY Tahun Anggaran 2023/2024 dengan nomor hibah 47/R-LRI/XI/2024.

Yogyakarta, 19 Maret 2024

Penulis,



Adhitya Ardhana

Dosen Peneliti,



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil'Alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Kuasa atas limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Dengan rasa bangga dan bahagia, Tugas Akhir ini penulis persembahkan sebagai tanda bukti kepada:

Pertama, panutan dan pintu surgaku, Ayahanda tercinta Agung Indarto dan Ibunda tercinta Ari Pujiastuti. Terima kasih atas kepercayaan yang telah diberikan, serta pengorbanan, cinta, do'a, motivasi, semangat dan nasihat yang tiada henti hingga penulis dapat menyelesaikan studinya sampai sarjana. Semoga Allah SWT selalu menjaga kalian dalam kebaikan dan kemudahan aamiin.

Kakek saya, Sastro Darsono. Terimakasih sudah memberikan motivasi dan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan dapat tepat waktu.

Ibu Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang tidak henti-hentinya mendukung dan membimbing penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Sahabat penulis yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala bantuan, waktu, *support*, dan kebaikan yang diberikan kepada penulis selama ini.

Saudara-saudara angkatan 20 yang sudah kebersamai selama kurang lebih 4 tahun semoga kalian sukses kedepannya.

Diri saya sendiri, Adhitya Ardhana atas segala usaha serta semangat sehingga tidak pernah menyerah dalam mengerjakan tugas akhir hingga selesai.

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 menganalisis potensial korosi pada mortar dengan bahan *hydraulic cement* pada FAS 0,3 dan FAS 0,4.

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. Ibu Dr. Ir. Restu Faizah, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua yang menjadi motivasi pengulis dalam menyelesaikan kuliah S1

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, 19 Maret 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

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.....	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.....	2
1.3 Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1.1 Pengaruh Lingkungan Terhadap Laju Korosi Pada Beton	4
2.1.2 Pengaruh Campuran Semen Terhadap Laju Korosi Pada Beton	9
2.1.3 Pengaruh Tebalan Selimut Beton Terhadap Potensial Korosi.....	10
2.1.4 Uji Karbonasi Untuk Mengetahui Pengaruh Karbonasi Terhadap Korosi.....	12
2.1.5 Analisis Potensial Korosi Menggunakan Metode <i>Half Cell Potential</i>	16
2.2 Landasan Teori	24
2.2.1 Mortar	24
2.2.2 Penyusun Mortar.....	25
2.2.3 <i>Mix Design</i>	26

2.2.4	<i>Fresh Properties</i>	27
2.2.4.1	Flow Table Test	27
2.2.4.2	Uji Densitas.....	27
2.2.5	<i>Curing</i>	27
2.2.6	Kondisi Paparan (<i>Exposure Condition</i>)	27
2.2.7	Korosi.....	28
2.2.8	Mekanisme Korosi.....	28
2.2.9	Karbonasi	29
2.2.10	<i>Half-Cell Potential</i>	29
BAB III. METODE PENELITIAN.....		31
3.1	Bahan atau Materi.....	31
3.2	Alat dan bahan	31
3.2.1	Alat.....	31
3.2.2	Bahan	38
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	41
3.4	Tahapan Penelitian.....	41
3.4.1	Studi Pustaka.....	42
3.4.2	Persiapan Alat dan Bahan	42
3.4.3	Pengujian Material Mortar.....	42
3.4.3.1	Pengujian Agregat Halus	42
3.4.4	<i>Mix Design</i>	45
3.4.5	Pembuatan Beton Segar	45
3.4.6	Pembuatan Benda Uji	46
3.4.6.1	Benda Uji Kubus.....	48
3.4.6.2	Benda Uji Silinder	50
3.4.7	<i>Curing</i> Mortar	50
3.5	Kondisi Paparan.....	50
3.6	Uji Potensial Korosi.....	52
3.7	Uji Kedalaman Karbonasi.....	53
3.8	Pengujian Kuat Tekan	53
3.9	Analisi Hubungan Antar Pengujian.....	54
3.9.1	Uji Kuat Tekan dan Laju Potensial Korosi.....	54
3.9.2	Uji Kuat Tekan dan Kedalaman Karbonasi	55
3.9.3	Uji Densitas dan Laju Potensial Korosi.....	55
3.9.4	Uji Densitas dan Kedalaman Karbonasi	56

3.9.5	Uji <i>Flow Table</i> dan Potensial Korosi.....	56
3.9.6	Uji <i>Flow Table</i> dan Karbonasi.....	57
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		58
4.1	Pengujian Material Pada Mortar	58
4.1.1	Hasil Pengujian Material	58
4.2	<i>Mix Design</i>	61
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	Hasil Pengujian Kuat Tekan	63
4.5	Pengujian Potensial Korosi.....	64
4.6.1	Pengujian Potensial Korosi Pada Masa Perawatan.....	64
4.6.1.1	Pengaruh Tebal Selimut Mortar Pada Masa Perawatan.....	66
4.6.2.1	Pengaruh Exposure Condition Terhadap Potensial Korosi.....	68
4.6.2.2	Pengaruh FAS Terhadap Potensial Korosi	74
4.6.2.1	Pengaruh Selimut Terhadap Potensial Korosi	77
4.6	Hasil Pengujian Karbonasi	80
4.7	Hubungan Antar Pengujian	82
4.7.1	Hubungan Antara <i>Half-Cell Potential</i> dengan Karbonasi	82
4.7.2	Hubungan Antara <i>Half-Cell Potential</i> dengan Kuat Tekan.....	83
4.7.3	Hubungan Antara Kedalaman Karbonasi dengan Kuat Tekan.....	84
4.7.4	Hubungan Antara <i>Half-Cell Potential</i> dengan Densitas.....	84
4.7.5	Hubungan Antara Karbonasi dengan Densitas	85
4.7.6	Hubungan Antara <i>Half-Cell Potential</i> dengan <i>Flow Table</i>	86
4.7.7	Hubungan Antara Karbonasi dengan <i>Flow Table</i>	86
BAB V.. KESIMPULAN DAN SARAN.....		88
5.1	Kesimpulan.....	88
5.2	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA		89
LAMPIRAN		93

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daftar sampel beton (Ananto, dkk., 2020).....	5
Tabel 2. 2 Hasil pengujian laju korosi (Ananto, dkk., 2020).....	7
Tabel 2. 3 Laju korosi campuran beton (Supit, dkk., 2020).....	9
Tabel 2. 4 Kode posisi elemen (Gomez, dkk., 2023).....	13
Tabel 2. 5 Indikator CO ₂ (Gomez, dkk., 2023)	14
Tabel 2. 6 Hasil pengujian karbonasi (Wibowo, dkk., 2020)	15
Tabel 2. 7 Perbandingan penelitian saat ini dengan penelitian terdahulu	21
Tabel 2. 8 Kalsifikasi Tingkatan Korosi (ASTM, 2017)	30
Tabel 4. 1 Hasil pengujian gradasi butiran.....	58
Tabel 4. 2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	60
Tabel 4. 3 Hasil pemeriksaan kadar air	60
Tabel 4. 4 <i>Mix design</i> 1 m ³	61
Tabel 4. 5 Kalsifikasi <i>workability</i> (Memerdes, dkk., 2017).....	62
Tabel 4. 6 Hasil pengujian <i>flow table</i>	62
Tabel 4. 7 Hasil pengujian densitas kubus FAS 0,3.....	62
Tabel 4. 8 Hasil pengujian densitas kubus FAS 0,4.....	63
Tabel 4. 9 Hasil pengujian desitas silinder.....	63
Tabel 4. 10 Hasil pengujian kuat tekan	64
Tabel 4. 11 Hasil perbandingan potensian korosi dengan variasi FAS.....	65
Tabel 4. 12 Perbandingan nilai potensial korosi dengan variasi tebal selimut	67
Tabel 4. 13 Nilai potensial korosi <i>dry condition</i>	68
Tabel 4. 14 Hasil nilai potensial korosi <i>wet condition</i>	70
Tabel 4. 15 Hasil pengujian potensial korosi dengan <i>dry-wet cycle</i> pada hari ke-34 sampai hari ke-43	71
Tabel 4. 16 Hasil pengujian potensial korosi dengan <i>dry-wet cycle</i> pada hari ke-48 sampai hari ke-57	71
Tabel 4. 17 Hasil pengujian potensial korosi	73
Tabel 4. 18 Hasil perbandingan potensial korosi dengan variasi FAS.....	75
Tabel 4. 19 Hasil pengujian karbonasi	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil pengujian <i>Initial corrosion</i> (Ngudiyono, dkk., 2022).....	5
Gambar 2. 2 Hasil laju korosi beton normal (Darmawan, dkk., 2021)	8
Gambar 2. 3 Hasil laju korosi beton abu terbang (Darmawan, dkk., 2021).....	8
Gambar 2. 4 Benda uji 1 (Husni, dkk., 2007)	10
Gambar 2. 5 Benda uji 2 (Husni, dkk., 2007)	11
Gambar 2. 6 Grafik potensial terhadap benda uji dengan ketebalan selimut beton 3 cm (permukaan A) dan 6 cm (permukaan B) (Husni, dkk., 2007).....	11
Gambar 2. 7 Grafik potensi korosi pada benda uji A (Husni, dkk., 2007)	12
Gambar 2. 8 Grafik potensi korosi pada benda uji B (Husni, dkk., 2007).....	12
Gambar 2. 9 Posisi relatif elemen pada bangunan (Gomez, dkk., 2023).....	13
Gambar 2. 10 (A) ekstrasi sampel inti dan (B) pengujian dengan menggunakan <i>phenolphthalein</i> (Gomez, dkk., 2023).....	14
Gambar 2. 11 Hasil pengujian karbonasi (Wibowo, dkk., 2020).....	16
Gambar 2. 12 Detail pengukuran HCP (Patah, dkk., 2022).....	17
Gambar 2. 13 Nilai HCP dengan menggunakan air laut (Patah, dkk., 2022)	17
Gambar 2. 14 Nilai HCP dengan menggunakan air tawar (Patah, dkk., 2022)	18
Gambar 2. 15 Grafik potensial korosi pada beton busa berserat <i>polypropylene</i> dengan anoda korban (Hussein, dkk., 2020)	19
Gambar 2. 16 Proses depolarisasi benda uji korosi awal tinggi (Eric, dkk., 2019)	20
Gambar 2. 17 Proses depolarisasi benda uji korosi awal rendah (Eric, dkk., 2019)	20
Gambar 2. 18 Proses depolarisasi benda uji korosi awal tinggi selama 30 hari (Eric, dkk., 2019)	21
Gambar 2. 19 Proses depolarisasi benda uji korosi awal rendah selama 30 hari (Eric, dkk., 2019)	21
Gambar 2. 20 Reaksi Anodik (Syarifudin, 2023)	28

Gambar 2. 21 Reakdi Katodik (Syarifudin, 2023)	28
Gambar 2. 22 Reaksi proses karbonasi	29
Gambar 2. 23 Sekema pengukuran HCP (Patah, dkk., 2022).	30
Gambar 3. 1 Timbangan Digital.....	31
Gambar 3. 2 Nampan	31
Gambar 3. 3 Tabung ukur 1000 ml	32
Gambar 3. 4 Set saringan	32
Gambar 3. 5 <i>Electric sieve shake</i>	32
Gambar 3. 6 <i>Concrete Mixer</i>	33
Gambar 3. 7 Meja getar.....	33
Gambar 3. 8 Cetakan korosi.....	33
Gambar 3. 9 Cetakan karbonasi	33
Gambar 3. 10 Batang baja penusuk.....	34
Gambar 3. 11 <i>Styrofoam</i>	34
Gambar 3. 12 <i>Digital Multimeter</i> dan <i>Reference Electrode</i>	34
Gambar 3. 13 Pipa PVC	35
Gambar 3. 14 Kabel Skun	35
Gambar 3. 15 Oven	35
Gambar 3. 16 Tulangan.....	36
Gambar 3. 17 Semprotan.....	36
Gambar 3. 18 Jangka sorong.....	36
Gambar 3. 19 <i>Thermometer</i>	37
Gambar 3. 20 Skop.....	37
Gambar 3. 21 Mesin gerinda.....	37
Gambar 3. 22 Kuas.....	38
Gambar 3. 23 Semen <i>extra power</i>	38
Gambar 3. 24 Agregat halus.....	38
Gambar 3. 25 Air.....	39
Gambar 3. 26 <i>Superplasticizer</i>	39
Gambar 3. 27 <i>Sealant</i>	39
Gambar 3. 28 Oli.....	40
Gambar 3. 29 <i>Epoxy</i>	40

Gambar 3. 30 <i>Phenolphthalein</i>	40
Gambar 3. 31 <i>Flow chart</i> pengujian	41
Gambar 3. 32 Pengujian gradasi butiran agregat halus.....	43
Gambar 3. 33 Pengujian berat jenis agregat halus	43
Gambar 3. 34 Pengujian kadar lumpur	44
Gambar 3. 35 Pengujian kadar air.....	44
Gambar 3. 36 Pengujian <i>flow table</i>	45
Gambar 3. 37 Pengujian densitas	46
Gambar 3. 38 Pengambilan semen <i>extra power</i> (a), Pembersihan agregat halus (b), Pembuatan bekisting (c), Pembubutan besi (d), Pembalian <i>superplasticizer</i> (e), Sambungan kabel skun (f).....	47
Gambar 3. 39 Pemasukan bahan kedalam <i>concrete mixer</i> (a), Pengujian <i>flow table</i> (b), Pengujian densitas (c), Pemasangan kabel skun (d), Proses <i>curing</i> (e), Pengujian potensial korosi pada saat proses <i>curing</i> (f)	48
Gambar 3. 40 Pengecatan <i>epoxy</i> pada benda uji (a), pemecahan benda uji karbonasi (b), pemberian cairan <i>phenolphthalein</i> (c)	48
Gambar 3. 41 Gambar benda uji kubus tampak depan	49
Gambar 3. 42 Gambar benda uji kubus tampak samping	49
Gambar 3. 43 Pemberian kabel skun.....	49
Gambar 3. 44 Gambar benda uji silinder	50
Gambar 3. 45 Proses <i>curing</i>	50
Gambar 3. 46 Benda uji dengan paparan kering	51
Gambar 3. 47 Benda uji dengan paparan basah	51
Gambar 3. 48 Benda uji dengan siklus basah kering	52
Gambar 3. 49 Pengujian potensial korosi menggunakan metode HCP	53
Gambar 3. 50 Pengujian kuat tekan	54
Gambar 3. 51 Pengujian kuat tekan (a), potensial korosi (b).....	54
Gambar 3. 52 Pengujian kuat tekan (a), karbonasi (b).....	55
Gambar 3. 53 Pengujian densitas (a), potensial korosi (b)	55
Gambar 3. 54 Pengujian densitas (a), karbonasi (b)	56
Gambar 3. 55 Pengujian <i>flow tabel</i> (a), potensial korosi (b)	56

Gambar 3. 56 Pengujian <i>flow tabel</i> (a), karbonasi (b)	57
Gambar 4. 1 Diagram berat lolos kumulatif.....	59
Gambar 4. 2 Diagram hasil pengujian.....	59
Gambar 4. 3 Grafik kuat tekan.....	64
Gambar 4. 4 Nilai potensial korosi pada masa <i>curing</i> (a) FAS 0,3, (b) FAS 0,4.....	65
Gambar 4. 5 Grafik kondisi <i>curing</i> pada (a) selimut 3, (b) selimut 5	67
Gambar 4. 6 Hasil potensial korosi dengan <i>dry condition</i> dengan variasi (a) selimut 3, (b) selimut 5.....	69
Gambar 4. 7 Hasil potensial korosi dengan <i>wet condition</i> dengan variasi (a) selimut 3, (b) selimut 5.....	70
Gambar 4. 8 Hasil potensial korosi dengan <i>dry-wet cycle</i> dengan variasi (a) selimut 3, (b) selimut 5.....	72
Gambar 4. 9 Perbandingan nilai potensial korosi <i>exposure condition</i> pada (a) selimut 3, (b) selimut 5	74
Gambar 4. 10 Grafik perbandingan potensial korosi antara FAS 0,3 dan FAS 0,4 dengan menggunakan paparan (a) <i>dry condition</i> , (b) <i>wet condition</i> , (c) <i>dry-wet cycle</i>	76
Gambar 4. 11 Grafik perbandingan potensial korosi <i>dry condition</i> pada FAS (a) 0,3, (b) 0,4	78
Gambar 4. 12 Grafik perbandingan potensial korosi <i>wet condition</i> pada FAS (a) 0,3, (b) 0,4	79
Gambar 4. 13 Grafik perbandingan potensial korosi <i>dry-wet cycle</i> pada FAS (a) 0,3, (b) 0,4	79
Gambar 4. 14 Benda uji karbonasi dengan <i>dry condition</i> pada (a) FAS 0,3 (b) FAS 0,4.....	80
Gambar 4. 15 Benda uji karbonasi dengan <i>wet condition</i> pada (a) FAS 0,3 (b) FAS 0,4.....	81
Gambar 4. 16 Benda uji karbonasi dengan <i>dry-wet cycle</i> pada (a) FAS 0,3 (b) FAS 0,4.....	81
Gambar 4. 17 Grafik hubungan antara potensial korosi dengan kedalaman karbonasi	82

Gambar 4. 18 Hubungan <i>half-cell potential</i> dengan kuat tekan.....	83
Gambar 4. 19 Hubungan karbonasi dengan kuat tekan.....	84
Gambar 4. 20 Hubungan <i>half-cell potential</i> dengan densitas	85
Gambar 4. 21 Hubungan karbonasi dengan densitas	85
Gambar 4. 22 Hubungan <i>half-cell potential</i> dengan <i>flow tabel</i>	86
Gambar 4. 23 Hubungan karbonasi dengan <i>flow tabel</i>	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian gradasi agregat halus	93
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	95
Lampiran 3. Pengujian kadar air agregat halus	97
Lampiran 4. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	99