

**TUGAS AKHIR**  
**UJI KOROSI DAN KARBONASI TULANGAN BAJA PADA MORTAR**  
***HYDRAULIC CEMENT (HC) DENGAN FAS 0,5 DAN 0,6***

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



**Disusun oleh:**  
**Muhamad Reza Julian Permana**  
**20200110010**

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

**2024**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Reza Julian Permana  
NIM : 20200110010  
Judul : Uji Korosi dan Karbonasi Tulangan Baja Pada Mortar  
*Hydraulic cement* (HC) dengan FAS 0,5 dan 0,6

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



Muhamad Reza Julian Permana

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Reza Julian Permana  
NIM : 20200110010  
Judul : Uji Korosi dan Karbonasi Tulangan Baja Pada Mortar  
*Hydraulic cement (HC)* dengan FAS 0,5 dan 0,6

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul "*Corrosion and Carbonation Test of Steel Reinforcement in Hydraulic cement (HC) Mortar with W/C 0,5 and 0,6*" 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/2023.

Yogyakarta, 19 Maret 2024

Penulis,



Muhamad Reza Julian permana

Dosen Peneliti,



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

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

“kesempatan tidak datang 2x tetapi kesempatan akan datang pada siapaun yang tidak berhenti mencoba” dzawin nur

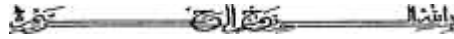
Alhamdulillah, dengan limpahan rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Halaman persembahan ini saya persembahkan sebagai ungkapan terima kasih kepada:

Orang tua tercinta, atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang selalu mengalir dalam setiap langkah hidup saya.

Dosen pembimbing, Ibu Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M. Eng. atas bimbingan, arahan, dan ilmu yang telah dibagikan selama penulisan Tugas Akhir ini.

Teman dan sahabat-sahabat, yang selalu memberikan semangat dan dukungan tanpa kenal lelah.

## 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. Karena dengan rahmat dan anugrahnya tugas akhir ini dapat selesai. Penulisan tugas akhir ini merupakan tugas yang harus ditempuh sebagai syarat penyelesaian pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam penelitian ini penulis menganalisa pengaruh penggunaan mortar dengan bahan ikat *hydraulic cement* terhadap laju korosi dan karbonasi. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa karyanya masih sederhana namun telah disusun dengan sebaik-baiknya. Melalui kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih atas kerjasama dan dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak selama proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini kepada:

1. Allah SWT yang telah selalu memberikah keberkahan, Kesehatan, dan kelancaran dalam melakukan penelitian.
2. Bapak Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, ST, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Ibu Dr. Ir. Restu Faizah, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir
5. Kedua orang tua tercinta, atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang selalu mengalir dalam setiap langkah hidup saya.
6. Semua orang yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian penelitian.

Yogyakarta, 2024

Muhamad Reza Julian Permana

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PERSEMAHAN .....	vi
PRAKATA .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG .....	xvii
DAFTAR SINGKATAN .....	xvii
DAFTAR ISTILAH .....	xviii
ABSTRAK .....	xix
<i>ABSTRACT</i> .....	xx
BAB 1 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 .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1.1 Penelitian Pendahulu .....	5
2.2 Dasar Teori .....	16
2.2.1 Beton .....	16
2.2.2 Bahan Penyusun Mortar .....	17
2.2.3 Pemeriksaan Agregat .....	19
2.2.4 Pemeriksaan Material Baja .....	21
2.2.5 <i>Mix Design</i> .....	21
2.2.6 <i>Fresh Properties</i> .....	22
2.2.6.1 Densitas .....	22
2.2.6.2 <i>Flow Tables</i> .....	22

2.2.7	<i>Curing</i> .....	22
2.2.8	<i>Half-cell potential</i> .....	23
2.2.9	Korosi pada tulangan .....	23
2.2.10	Karbonasi .....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		25
3.1	Materi.....	25
3.2	Alat dan Bahan.....	26
3.2.1	Alat.....	26
3.2.2	Bahan .....	35
4.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	38
4.4	Tahapan Penelitian.....	38
3.4.1	Pengujian Material .....	39
3.4.2	<i>Mix design</i> .....	41
3.4.3	Pembuatan Benda Uji .....	41
3.4.4	Proses Curing Mortar .....	45
3.4.5	Pengecatan Epoxy .....	46
3.4.6	Kondisi Paparan .....	47
3.4.7	Pengujian Potensial Korosi .....	48
3.4.8	Pengujian Kedalaman Karbonasi.....	49
3.5	Analisis Data.....	49
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		51
4.1	Pengujian pada Material Penyusun Motar .....	51
4.1.1	Hasil Pengujian Material.....	51
4.2	Pengujian <i>Fresh Properties</i> .....	53
4.2.1	<i>Flow Table Test</i> .....	53
4.3	Pengujian Densitas.....	54
4.4	Pengujian Kuat Tekan.....	55
4.5	Pengujian Potensial Korosi .....	55
4.4.1	Potensial Korosi Pada Masa Perawatan .....	56
4.4.2	Potensial Korosi Pada Saat Pemberian Paparan Kondisi.....	57
4.4.3	Pengaruh Variasi Selimut mortar .....	60
4.4.3.1	Pada Masa Perawatan .....	60

4.4.3.2	Pada Saat Pemberian Paparan Kondisi .....	62
4.5	Hasil Pengujian Karbonasi.....	68
4.6	Hubungan Antar Pengujian.....	69
4.6.1	Hubungan Potensial Korosi dengan Karbonasi .....	69
4.6.2	Hubungan Potensial Korosi dengan Kuat Tekan .....	70
4.6.3	Hubungan Potensial Korosi dengan Densitas .....	71
4.6.4	Hubungan Potensial Korosi dengan <i>Flow</i> .....	72
4.6.5	Karbonasi dengan Kuat Tekan.....	73
4.6.6	Karbonasi dengan Densitas.....	73
4.6.7	Karbonasi dengan <i>Flow</i> .....	74
5.1	Kesimpulan .....	71
5.2	Saran .....	77
	DAFTAR PUSTAKA .....	78
	LAMPIRAN .....	82



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan nilai potensial korosi dari semua beton .....	7
Gambar 2.2 Grafik Pengaruh Kadar Salinitas Air Terhadap Laju .....	8
Gambar 2.3 Grafik pembacaan half-cell potential (Voulgari dkk., 2019) .....	11
Gambar 2.4 Grafik potensial korosi dengan jarak anoda-katoda 5 mm pada minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna dkk., 2018) .....	12
Gambar 2.5 Grafik potensial korosi dengan jarak anoda-katoda 10 mm pada minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna dkk., 2018) .....	12
Gambar 2.6 Grafik potensial korosi dengan jarak anoda-katoda 20 mm pada minggu 0 sampai minggu 12 (Fonna dkk., 2018) .....	12
Gambar 3.1 Bagan alir tahapan penelitian .....	25
Gambar 3.2 Nampan .....	26
Gambar 3.3 Saringan.....	26
Gambar 3.4 Saringan No.200.....	27
Gambar 3.5 Saringan No.4.....	27
Gambar 3.6 Pipet dan gelas ukur .....	27
Gambar 3.7 Tabung erlrmeyer .....	28
Gambar 3.8 Tabung ukur .....	28
Gambar 3.9 Timbangan digital .....	28
Gambar 3.10 Alat Lem sealant.....	29
Gambar 3.11 Cetakan.....	29
Gambar 3.12 Cetakan silinder.....	30
Gambar 3.13 Jangka sorong.....	30
Gambar 3.14 Phenolphthalein.....	30
Gambar 3.15 Batang penusuk .....	31
Gambar 3.16 Concrete mixer .....	31
Gambar 3.17 Box styrofoam.....	32
Gambar 3.18 Flow table.....	32
Gambar 3.19 Multimeter.....	32
Gambar 3.20 Reference Electrode .....	33
Gambar 3.21 Kabel dan skun.....	33
Gambar 3.22 Pipa PVC.....	33

Gambar 3.23 Mesin shave shaker .....	34
Gambar 3.24 Oven .....	34
Gambar 3.25 Kuas.....	35
Gambar 3.26 Skop.....	35
Gambar 3.27 Pasir.....	36
Gambar 3.28 Semen hydraulic cement (HC) .....	36
Gambar 3.29 Air.....	36
Gambar 3.30 Superplasticizer .....	37
Gambar 3.31 Oli.....	37
Gambar 3.32 Baja tulangan.....	38
Gambar 3.33 Cat epoxy.....	38
Gambar 3.34 Pengayakan agregat halus .....	39
Gambar 3.35 Pengujian berat jenis dan penyerapan air .....	40
Gambar 3.36 Pegujian kadar air agregat .....	40
Gambar 3.37 Pengujian kadar lumpur .....	41
Gambar 3.38 Desain benda uji tampak samping.....	42
Gambar 3.39 Desain benda uji tampak atas .....	42
Gambar 3.40 Desain benda uji silinder .....	42
Gambar 3.41 Proses pencucian agregat halus .....	43
Gambar 3.42 Proses pemotongan baja tulangan .....	43
Gambar 3.43 Penimbangan agregat halus.....	43
Gambar 3.44 Penimbangan air .....	44
Gambar 3.45 pengujian flow table test .....	44
Gambar 3.46 proses pencampuran mortar .....	45
Gambar 3.47 Hasil memasukan mortar ke dalam bekesting.....	45
Gambar 3.48 Proses curing benda uji kubus .....	46
Gambar 3.49 Proses curing benda uji silinder .....	46
Gambar 3. 50 Proses Pengecatan epoxy .....	46
Gambar 3.51 Paparan kering.....	47
Gambar 3.52 Paparan basah.....	47
Gambar 3.53 Paparan siklus basah kering .....	48
Gambar 3.54 Sketsa pengujian half-cell potential .....	48

Gambar 4.1 Grafik persen lolos kumulatif.....	52
Gambar 4.2 Grafik gradasi agregat halus daerah 3 .....	52
Gambar 4.3 Perbandingan hasil kuat tekan.....	55
Gambar 4.4 Grafik potensial korosi pada masa perawatan, (a) tebal selimut mortar 3 cm, (b) tebal selimut mortar 5 cm.....	57
Gambar 4.5 Grafik nilai potensial korosi pada selimut 3 cm saat pemberian paparan kondisi (a) FAS 0,5, (b) FAS 0,6.....	58
Gambar 4.6 Grafik nilai potensial korosi pada selimut 5 cm saat pemberian paparan kondisi (a) FAS 0,5, (b) FAS 0,6.....	59
Gambar 4.7 Grafik potensial korosi pada masa perawatan dengan variasi tebal selimut, (a) FAS 0,5, (b) FAS 0,6 .....	61
Gambar 4.8 Grafik potensial korosi metode paparan kondisi kering dengan variasi tebal selimut, (a) FAS 0,5, (b) FAS 0,6.....	63
Gambar 4.9 Grafik potensial korosi metode paparan kondisi basah dengan variasi tebal selimut, (a) FAS 0,5, (b) FAS 0,6.....	64
Gambar 4.10 Grafik potensial korosi metode paparan kondisi siklus basah kering dengan variasi tebal selimut, (a) FAS 0,5, (b) FAS 0,6 .....	66
Gambar 4.11 Proses pengujian karbonasi, (a) pemotongan benda uji dengan gerinda, (b) penyemprotan fenolftalein pada benda uji.....	68
Gambar 4.12 Hasil pengujian karbonasi .....	68
Gambar 4.13 Hubungan half-cell potential dengan kedalaman karbonasi .....	70
Gambar 4.14 Hubungan half-cell potential dengan Kuat tekan.....	71
Gambar 4. 15 Hubungan half-cell potential dengan densitas .....	71
Gambar 4.16 Hubungan half-cell potential dengan flow .....	72
Gambar 4.17 Hubungan karbonasi dengan kuat tekan.....	73
Gambar 4.18 Hubungan karbonasi dengan densitas .....	74
Gambar 4.19 Hubungan Karbonasi dengan flow .....	74

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 <i>Mix design</i> mortar per 1 m <sup>3</sup> .....	41
Tabel 4.1 Hasil analisis hitungan gradasi.....	51
Tabel 4.2 Hasil pengujian kadar air .....	53
Tabel 4.3 Hasil pengujian flow table .....	54
Tabel 4.4 Hasil pengujian densitas.....	54
Tabel 4.5 Hasil pengujian kuat tekan.....	55
Tabel 4.6 Hasil perbandingan nilai potensial korosi pada variasi.....	56
Tabel 4.7 Hasil perbandingan nilai potensial korosi pada variasi.....	59
Tabel 4.8 Hasil perbandingan nilai potensial korosi pada variasi .....	61
Tabel 4.9 Hasil perbandingan nilai potensial korosi .....	62
Tabel 4.10 Hasil perbandingan nilai potensial korosi .....	64
Tabel 4.11 Hasil perbandingan nilai potensial korosi pada variasi tebal selimut metode paparan siklus basah kering hari ke-34 hingga hari ke-43.....	65
Tabel 4.12 Hasil perbandingan nilai potensial korosi pada variasi tebal selimut metode paparan siklus basah kering hari ke-48 hingga hari ke-58.....	65
Tabel 4.13 Nilai terakhir pengujian potensial korosi pada .....	67
Tabel 4.14 Kedalaman karbonasi mortar .....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 konversi SSE kedalam satuan CSE .....	82
Lampiran 2 Pengujian Gradasi Butiran.....	83
Lampiran 3 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air .....	85
Lampiran 4 Pengujian Kadar Lumpur.....	87
Lampiran 5 Pengujian Kadar Air .....	88
Lampiran 6 Hasil Uji Kuat Tekan.....	90

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
B	[g]	Berat <i>piknometer</i> berisi air
B <sub>t</sub>	[g]	Berat <i>piknometer</i> berisi air + pasir
B <sub>k</sub>	[g]	Berat benda uji kering oven
SSD	[g]	Berat benda uji keadaan jenuh kering muka
W <sub>1</sub>	[g]	Massa benda uji
W <sub>2</sub>	[g]	Massa benda uji kering oven setelah dicuci + nampan
W <sub>3</sub>	[g]	Massa nampan
W <sub>4</sub>	[g]	Massa benda uji kering oven setelah dicuci
B <sub>1</sub>	[g]	Massa benda uji sebelum + cawan
B <sub>2</sub>	[g]	Massa benda uji sesudah + cawan
pH		Keasaman
D	[kg/m <sup>3</sup> ]	Massa wadah ukur yang diisi beton
M <sub>m</sub>	[kg]	Massa wadah ukur kosong
V <sub>m</sub>	[L]	Volume wadah ukur
KA	[%]	Kadar air agregat

## DAFTAR SINGKATAN

SNI	: Standar Nasional Indonesia
BSN	: Badan Standarisasi Nasional
ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
FAS	: Faktor Air Semen
HC	: <i>hydraulic cement</i>
HCP	: <i>Half-cell potential</i>
SSE	: Silver-Silver / Chloride Electrode
CSE	: <i>Calomel Saturated Electrode</i>
SP	: <i>Superplasticizer</i>
H <sub>2</sub> O	: Air
HCP	: <i>Half-cell potential</i>
mV	: <i>Medium voltage</i>
MHB	: Modulus Halus Butiran
MPa	: Mega Pascal
g	: gram
mm	: milimeter
cm	: centimeter
mA	: Miliampere
K	: Kering
B	: Basah
BK	: Basah Kering

## DAFTAR ISTILAH

1. *Exposure condition*  
Masa paparan mortar.
2. *Dry condition*  
Kondisi paparan kering laboratorium.
3. *Wet condition*  
Kondisi paparan basah dengan perendaman.
4. *Dry-wet cycle condition*  
Kondisi paparan dengan siklus basah-kering.
5. *Fresh properties*  
Mortar atau benda uji yang baru saja dibuat.
6. *Half-cell potential test*  
Metode yang digunakan untuk mengetahui nilai potensial tulangan dalam mortar.
7. *Mix design*  
Komposisi penyusun dalam pembuatan mortar.
8. *Workability*  
Tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan
9. *Curing*  
Perawatan selama kondisi pengerasan.
10. Korosi  
Kerusakan atau kehancuran material akibat adanya reaksi kimia di sekitar lingkungannya.
11. Karbonasi  
proses kimia di mana karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dari udara bereaksi dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) yang terdapat dalam beton.