

TUGAS AKHIR
UJI KOROSI DAN KARBONASI PADA MORTAR *PORTLAND*
***SLAG CEMENT* (PSC) DENGAN FAS 0.3 DAN 0.4**



Disusun oleh:
Shantia Enchiana
20200110024

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2024

TUGAS AKHIR
UJI KOROSI DAN KARBONASI PADA MORTAR *PORTLAND*
***SLAG CEMENT (PSC)* DENGAN FAS 0.3 DAN 0.4**

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



Disusun oleh:

Shantia Enchiana

20200110024

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shantia Enchiana

NIM : 20200110024

Judul : Uji Korosi dan Karbonasi Pada Mortar *Portland Slag Cement* (PSC)
Dengan FAS 0,3 Dan 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 manapun.

Yogyakarta, Maret 2024

Yang membuat pernyataan



1000
REPUBLIK INDONESIA
METERAL
TEMPER
54CC5ALX124460969
Shantia Enchiana

PRAKATA

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat dan hidayat-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Tugas akhir ini ini disusun sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Metode *Half-Cell Potential* (HCP) Pada Mortar *Portland Slag Cement* (PSC) dengan Kondisi Paparan Kering, Paparan Basah Dan Siklus Basah Kering.

Atas segala bimbingan, petunjuk dan saran hingga terselesainya tugas akhir ini, penyusun ucapkan terima kasih 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 Ir. Fanny Monika, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Semua pihak yang telah membantu sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini dikerjakan berdasarkan teori yang kami dapatkan dibangku kuliah. Penyusun menyadari betul, bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Namun, penyusun merasa puas karena dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan segala kemampuan diiringi dengan doa, dan hanya kepada Allah SWT. semua dikembalikan.

Wassalammu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Maret 2024


Shantia Enchiana

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT, tuhan semesta alam atas segala rahmat dan limpahan hidayahnya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tidak terjadi kendala yang berarti. Sholawat serta salam juga selalu tercurah kepada junjungan Nabi kita Nabi Muhammad SAW.

Pertama-tama saya ingin mengucapkan terima kasih kepada diri saya sendiri, Shantia Enchiana yang telah memiliki semangat, memiliki ambisi, dan kemauan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Saya juga mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Orang tua saya yang telah memberikan dukungan baik dari segi materi maupun dari segi lahir dan batin. Semoga kelak saya dapat membalas budi kalian, Aamiin.

Tidak lupa saya juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing saya, Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. yang telah memberikan bimbingan yang sangat baik pada penyusunan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
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	5
2.1 Pendahuluan	5
2.2 Tinjauan Pustaka	5
2.2.1 Korosi Pada Tulangan Baja.....	5

2.2.2	Pengaruh Lingkungan Terhadap Laju Korosi Beton.....	7
2.2.3	Pengaruh Campuran Semen Terhadap Laju Korosi Pada Beton Betulang.....	11
2.2.4	Pengaruh Ketebalan selimut Beton Terhadap Potensial Korosi.....	13
2.2.5	Uji Karbonasi Untuk Mengetahui Pengaruh Karbonasi Terhadap Korosi.....	17
2.2.6	Pemanfaatan Semen <i>Portland Slag</i> Untuk Meningkatkan Sifat Mekanik Dan Durabilitas Beton.....	20
2.2.7	Analisis Potensial Korosi Menggunakan Metode <i>Half Cell Potential</i>	21
2.3	Dasar Teori.....	28
2.3.1	Mortar.....	28
2.3.2	Penyusun Mortar.....	28
2.3.3	Pemeriksaan Agregat.....	29
2.3.4	Korosi.....	31
2.3.5	Karbonasi.....	32
2.3.6	<i>Half Cell Potential</i>	32
2.3.7	<i>Fresh Properties</i>	33
2.3.8	<i>Curing</i>	34
BAB III METODE PENELITIAN.....		35
3.1	Materi Penelitian.....	35
3.2	Alat dan Bahan.....	35
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	44
3.4	Tahapan Penelitian.....	44
3.4.1	Persiapan Alat dan Bahan.....	45
3.4.2	Pengujian Material.....	45
3.4.3	<i>Mix Design</i>	47

3.4.4	Pembuatan Benda Uji.....	48
3.4.5	Pembuatan Beton Segar.....	49
3.4.6	Proses <i>Curing</i> Mortar.....	50
3.4.7	Kondisi Paparan.....	50
3.4.8	Uji Potensial Korosi.....	50
3.4.9	Uji Karbonasi.....	51
3.5	Analisis Data	52
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		53
4.1	Pengujian Material Pada Mortar	53
4.1.1	Hasil Pengujian Meterial Gradasi Butiran.....	53
4.1.2	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agegat Halus.....	54
4.1.3	Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	54
4.1.4	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat halus.....	55
4.2	<i>Mix Design</i>	55
4.3	Pembuatan Benda Uji.....	55
4.3.1	Pembuatan Benda Uji Kubus.....	55
4.3.2	Pembuatan Benda Uji Silinder.....	58
4.4	Hasil Pengujian Mortar Segar	59
4.4.1	Hasil Pengujian <i>Flow Table</i>	59
4.4.2	Pengujian Densitas.....	60
4.5	Uji Potensial Korosi Menggunakan Metode HCP	60
4.5.1	Potensial Korosi pada Masa Perawatan.....	60
4.5.2	Pengujian Potensial Korosi dengan Tiga macam <i>Exposure Condition</i>	62
4.5.3	Perbandingan Potensial Korosi dengan Ketebalan Selimut Beton	65
4.6	Hasil Uji Karbonasi.....	68

4.7 Hubungan Pengujian <i>Half-Cell Potential</i> dan Karbonasi	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan antara kekentalan beton (Habibie dkk., 2023).....	6
Tabel 2.2 Hasil uji kuat tekan (Ananto dkk., 2023).....	9
Tabel 2.3 Hasil uji korosi (Ananto dkk., (2023)	10
Tabel 2.4 Data analisa pengukuran dam concrete faced (Novi dkk., 2023)	18
Tabel 2.5 Data alanalisa pengukuran Dam Pharapet (Novi dkk., 2023).....	18
Tabel 2.6 Data hasil analisis pengukuran <i>inlet spillway concrete structure</i> (Novi dkk., 2023).....	18
Tabel 2.7 Hasil analisa klorida (Hermansyah, 2019).....	19
Tabel 2.8 Hasil kedalaman karbon (Hermansyah, 2019).....	20
Tabel 2.9 Perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang.....	24
Tabel 2.10 Kalsifikasi tingkatan korosi (ASTM, 2017).....	33
Tabel 3.1 Data <i>mix design</i> 1 m ³ dengan FAS 0,3 dan 0,4	48
Tabel 4.1 Hasil pengujian gradasi butiran	53
Tabel 4.2 <i>Mix design</i> mortar per 1 m ³ dengan FAS 0,3 dan 0,4.....	55
Tabel 4.3 Klasifikasi <i>workability</i> (Mermerdaş et al., 2017).....	59
Tabel 4.4 Hasil pengujian <i>flow table</i>	59
Tabel 4.5 Hasil uji nilai densitas pada mortar	60
Tabel 4.6 Hasil perbandingan nilai potensial korosi pada FAS 0,3 dan 0,4 saat proses perawatan.....	61
Tabel 4.7 Hasil pengujian karbonasi pada mortar PSC FAS 0,3 dan 0,4.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan antara kekentalan beton (Habibie dkk., 2023).....	6
Tabel 2.2 Hasil uji kuat tekan (Ananto dkk., 2023).....	9
Tabel 2.3 Hasil uji korosi (Ananto dkk., (2023)	10
Tabel 2.4 Data analisa pengukuran dam concrete faced (Novi dkk., 2023)	18
Tabel 2.5 Data alanalisa pengukuran Dam Pharapet (Novi dkk., 2023).....	18
Tabel 2.6 Data hasil analisis pengukuran <i>inlet spillway concrete structure</i> (Novi dkk., 2023).....	18
Tabel 2.7 Hasil analisa klorida (Hermansyah, 2019).....	19
Tabel 2.8 Hasil kedalaman karbon (Hermansyah, 2019).....	20
Tabel 2.9 Perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang.....	24
Tabel 2.10 Kalsifikasi tingkatan korosi (ASTM, 2017).....	33
Tabel 3.1 Data <i>mix design</i> 1 m ³ dengan FAS 0,3 dan 0,4	48
Tabel 4.1 Hasil pengujian gradasi butiran	53
Tabel 4.2 <i>Mix design</i> mortar per 1 m ³ dengan FAS 0,3 dan 0,4.....	55
Tabel 4.3 Klasifikasi <i>workability</i> (Mermerdaş et al., 2017).....	59
Tabel 4.4 Hasil pengujian <i>flow table</i>	59
Tabel 4.5 Hasil uji nilai densitas pada mortar	60
Tabel 4.6 Hasil perbandingan nilai potensial korosi pada FAS 0,3 dan 0,4 saat proses perawatan.....	61
Tabel 4.7 Hasil pengujian karbonasi pada mortar PSC FAS 0,3 dan 0,4.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reaksi anodik dan reaksi katodik (Habibie dkk., 2023).....	5
Gambar 2.2	Skema metode pengukuran <i>half-cell potential mapping</i> (Habiebie dkk., 2023).....	6
Gambar 2.3	Nilai potensial korosi kolom K1 (Habiebie dkk., 2023).....	7
Gambar 2.4	Nilai potensial korosi plat PL1 (Habiebie dkk., 2023).....	7
Gambar 2.5	Hasil pengujian <i>initial corrosion</i> (Ngudiyono dkk., 2022).....	8
Gambar 2.6	Hasil laju korosi beton normal (Darmawan dkk., 2021).....	11
Gambar 2.7	Hasil laju korosi beton abu terbang (Darmawan dkk., 2021).....	11
Gambar 2.8	Grafik hubungan konsentrasi inhibitor dengan laju korosi (Barmawi dkk., 2021).....	12
Gambar 2.9	Grafik efisiensi inhibitor dengan konsentrasi inhibitor (Barmawi dkk., 2021).....	13
Gambar 2.10	Sepsimen uji I (Ridha dkk., 2007).....	14
Gambar 2.11	Spesimen uji 1 dan 2 (Ridha dkk., 2007).....	15
Gambar 2.12	Grafik potensial pada jarak dan benda uji dengan ketebalan selimut 3 cm dan 6 cm, permukaan A dan B (Ridha dkk., 2007).....	15
Gambar 2.13	Profil potensial terhadap pada benda uji permukaan A dengan waktu pengeringan bervariasi sebelum pengukuran (Ridha dkk., 2007).....	16
Gambar 2.14	Profil potensial terhadap jarak pada benda uji permukaan B dengan waktu pengeringan bervariasi sebelum pengukuran (Ridha dkk., 2007).....	16
Gambar 2.15	Hasil pengujian karbonasi beton dengan penyemprotan indikator <i>phenolphthalein</i> 1 % (Wibowo dkk., 2020).....	17
Gambar 2.16	Grafik hubungan kedalaman karbonasi dengan variasi komposisi makolin (Wibowo dkk., 2020).....	17
Gambar 2.17	Hasil pengukuran korosi akibat karbonasi (Hermansyah, 2019).....	20
Gambar 2.18	Hasil pengujian <i>half-cell potentpotentiaial</i> pada tulangan dengan <i>coating</i> dan <i>non-coating</i> (Astuti dan Fahma., 2022).....	22
Gambar 2.19	Hasil pengujian <i>half-cell potential</i> pada tulangan dengan <i>coating</i> dan <i>non-coating</i> (Astuti dan Fahma., 2022).....	22

Gambar 2.20 Hasil pengujian <i>half-cell potential</i> pada tulangan dengan cat (<i>coating</i>) (Astuti dan Fahma., 2022).....	23
Gambar 2.21 Peta potensi setengah sel tulang rusuk longitudinal dengan potensi negatif terbesar (Kiviste dkk., 2019).....	24
Gambar 2.22 Peta potensi setengah sel tulang rusuk longitudinal dengan potensi negatif terendah (Kiviste dkk., 2019).....	24
Gambar 2.23 Reaksi anodik (Fahira, 2007).....	32
Gambar 2.24 Reaksi katodik (Fahira, 2007).....	32
Gambar 2.25 Reaksi proses karbonasi (Fahira, 2007).....	32
Gambar 2.26 Sketsa pengujian <i>half-cell potential</i> (Astuti dan Fahma 2022).....	33
Gambar 3.1 <i>Mixer</i>	35
Gambar 3.2 Timbang digital.....	35
Gambar 3.3 Nampan.....	36
Gambar 3.4 Gelas ukur 1000 ml.....	36
Gambar 3.5 Saringan.....	36
Gambar 3.6 Cetakan kubus.....	37
Gambar 3.7 Cetakan silinder.....	37
Gambar 3.8 Batang baja penusuk.....	37
Gambar 3.9 Mesin <i>shave shaker</i>	37
Gambar 3.10 Gelas ukur 10 ml.....	38
Gambar 3.11 Jangka sorong.....	38
Gambar 3.12 Sekop.....	38
Gambar 3.13 <i>Flow table</i>	39
Gambar 3.14 Multimeter dan <i>reference electrode</i>	39
Gambar 3.15 Kabel dan Skun.....	39
Gambar 3.16 Lem <i>soligen silicon</i>	40
Gambar 3.17 Pipa PVC.....	40
Gambar 3.18 <i>Box Styrofoam</i>	40
Gambar 3.19 Kuas.....	41
Gambar 3.20 Tulangan baja D12 mm.....	41
Gambar 3.21 Agregat halus.....	41
Gambar 3.22 Semen <i>slag</i>	42

Gambar 3.23 Air	42
Gambar 3.24 <i>Superplasticizer</i>	42
Gambar 3.25 Oli	43
Gambar 3.26 Larutan <i>phenolphthalein</i>	43
Gambar 3.27 Cat	43
Gambar 3.28 Tahap penelitian.....	44
Gambar 3.29 Pengujian gradasi agregat halus.....	45
Gambar 3.30 Pengujian gradasi agregat halus	46
Gambar 3.31 Pengujian kadar lumpur	47
Gambar 3.32 Pengujian kadar air agregat halus	47
Gambar 3.33 Desain tampak depan	48
Gambar 3.34 Desain tampak samping	48
Gambar 3.35 Desain silinder	48
Gambar 3.36 Pembuatan beton segar	49
Gambar 3.37 Uji densitas	49
Gambar 3.38 <i>Curing</i> 28 hari.....	50
Gambar 3.39 Pengujian potensial korosi.....	51
Gambar 3.40 Penyemprotan <i>phenolphthalein</i> dan hasil spesimen	51
Gambar 4.1 Grafik persentase lolos kumulatif.....	54
Gambar 4.2 Grafik daerah gradasi 3	54
Gambar 4.3 Proses pembuatan benda uji meliputi (a) proses pembuatan <i>slag</i> menjadi bubuk, (b) pencampuran <i>slag</i> dengan semen tiga roda, (c) pencucian agregat halus, (d) pemotongan besi tulangan, (e) pembuatan bekisting kubus, (f) Pemasangan skun dan kabel, (g) proses pengecoran.....	56
Gambar 4.4 Proses pengecoran meliputi (a) pengolesan oli dan pemasangan tulangan, (b) pengecoran dan penusukan, (c) proses pengerasan mortar, (d) hasil dari pembongkaran bekisting, (e) pemasangan kabel dan skun, (f) proses <i>sealand</i> , (g) proses pengecetan <i>epoxy</i> ..	57
Gambar 4.5 Proses pembuatan benda uji meliputi (a) pengayakan <i>slag</i> , (b) pencampuran <i>slag</i> dan semen, (c) proses pencucian agregat halus, (d) pembuatan mortar segar, (e) pengolesan oli pada silinder, (f)	

proses pencetakan mortar segar, (g) proses pengerasan mortar silinder, (h) roses pembongkaran bekisting silinder, (i) hasil mortar silinder yang telah mengeras.....	59
Gambar 4.6 Grafik potensial korosi pada masa perawatan, (a) tebal selimut 3 cm, (b) tebal selimut 5 cm.....	61
Gambar 4.7 Grafik potensial korosi pada <i>dry condition</i> dengan selimut 3 cm dan 5 cm, (a) FAS 0,3 dan (b) FAS 0,4.....	63
Gambar 4.8 Grafik potensial korosi pada <i>wet condition</i> dengan selimut 3 cm dan 5 cm, (a) FAS 0,3 dan (b) FAS 0,4.....	64
Gambar 4.9 Grafik potensial korosi pada <i>dry-wet cycle</i> dengan selimut 3 cm dan 5 cm, (a) FAS 0,3 dan (b) FAS 0,4.....	64
Gambar 4.10 Grafik perbandingan <i>dry condition</i> selimut 3 cm dan selimut 5 cm (a) FAS 0,3 dan (b) FAS 0,4.....	66
Gambar 4.11 Grafik perbandingan <i>wet condition</i> selimut 3 cm dan selimut 5 cm (a) FAS 0,3 dan (b) FAS 0,4.....	67
Gambar 4.12 Grafik perbandingan <i>dry-wet cycle</i> selimut 3 cm dan selimut 5 cm (a) FAS 0,3 dan (b) FAS 0,4.....	67
Gambar 4.13 Hasil karbonasi menggunakan phenolphthalein	69
Gambar 4.14 Hubungan <i>half-cell potential</i> dan kedalaman karbonasi.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian gradasi agregat halus	76
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	78
Lampiran 3. Pengujian kadar air agregat halus	80
Lampiran 4. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	82