

TUGAS AKHIR
PENGARUH PERBEDAAN TINGKAT KARAT PADA BETON
CANGKANG KELAPA SAWIT DENGAN METODE
PRE-KOROSI



Disusun oleh:
Yosian Atmaja Pamungkas

20170110271

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2024

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PERBEDAAN TINGKAT KARAT PADA BETON
CANGKANG KELAPA SAWIT DENGAN METODE
PRE-KOROSI**

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



Yosian Atmaja Pamungkas

20170110271

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

2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yosian Atmaja Pamungkas
NIM : 20170110271
Judul : Pengaruh Perbedaan Tingkat Karat Pada Beton Cangkang Kelapa Sawit Dengan Metode Pre-Korosi

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya pribadi. Jika ada karya orang lain yang saya gunakan sebagai referensi, saya akan mencantumkan sumbernya dengan jelas. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, saya siap menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku. Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran tanpa paksaan dari pihak mana pun..

Yogyakarta, 29 Juni 2024

Yang membuat pernyataan



Yosian Atmaja Pamungkas

HALAMAN PERNYATAAN

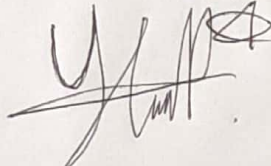
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yosian Atmaja Pamungkas
NIM : 20170110271
Judul : Pengaruh Perbedaan Tingkat Karat Pada Beton Cangkang
Kelapa Sawit Dengan Pre-Korosi

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul *Durability and Mechanical Properties Assessment of Structural Lightweight Concrete Incorporating Palm Oil Aggregates in Corrosive Environments* dan didanai melalui skema hibah penelitian kolaboratif luar negeri pada tahun 2021 oleh Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat (LP3M) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2021 dengan nomor hibah 554/PEN-LP3M/III/2021

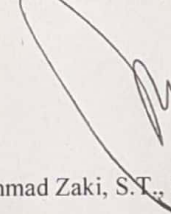
Yogyakarta, 29 Juni 2024

Penulis,



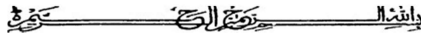
Yosian Atmaja Pamungkas

Dosen Peneliti,



Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D

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 pengkaratan terhadap kuat lentur beton dengan pergantian sebagian agregat kasar menggunakan cangkang kelapa sawit.

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:

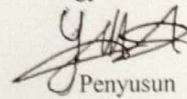
1. Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Dr. Ir. Restu Faizah, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Pendamping Tugas Akhir.
4. Bapak Sumadi, selaku laboran yang telah membantu selama saya melakukan penelitian di Laboratorium Struktur dan Bahan.
5. Kedua Orang Tua dan Saudara saya yang senantiasa memberikan dukungan secara moril dan materiil guna menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Sahabat dan teman-teman yang telah saya repotkan dan selalu memberikan dukungan selama menempuh perkuliahan dan menyelesaikan tugas akhir ini.

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, 30 Juni 2024


Penyusun

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya haturkan kepada **Allah SWT** yang telah memperlancar semua kegiatan baik perkuliahan saya hingga penyelesaian tugas akhir ini.

Tugas Akhir ini dibuat dan dipersembahkan untuk **Orang Tua** saya yang telah memberikan do'a, nasihat dan dukungan baik secara moril maupun materiil sehingga saya dapat menyelesaikan perkuliahan hingga tugas akhir ini dengan baik.

Saudara Perempuan Saya

Terima kasih karena selama saya menempuh kuliah ini telah memberi semangat, sehingga saya bisa menyelesaikan pendidikannya dan tugas akhir ini.

Tim Tugas Akhir (Ilham dan Mas Herlambang)

Terima kasih karena sudah membantu saya ketika melakukan pengujian untuk tugas akhir ini. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita.

Sahabat dan teman selama masa perkuliahan

Terima kasih telah menemani, menyemangati, memberikan dukungan dan selalu saya repoti selama saya menempuh pendidikan ini.

Terutama untuk **Deden, Mas Rafi, dan Bakti**

Ir. Ahmad Zaki, S.T., M. Sc., Ph.D

Selaku dosen pembimbing tugas akhir, saya ucapkan terima kasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada saya, dan selalu memberikan saya motivasi ketika saya mulai putus Asa

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR ISTILAH.....	xvii
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	16
2.3 Dasar Teori.....	18
2.3.1 Beton.....	18
2.3.2 Material penyusun beton ringan.....	18
2.3.3 Pemeriksaan Agregat.....	20
2.3.4 <i>Slump</i> beton.....	22
2.3.5 <i>Curing</i> atau perawatan beton	23
2.3.6 Korosi	23
2.3.7 Mekanisme korosi baja pada beton	24
2.3.8 Kuat lentur beton	28
2.3.9 Daktalitas pada Beton	29
BAB III. METODE PENELITIAN	34
3.1 Bahan atau Materi.....	34
3.2 Alat	37
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	43
3.4 Tahapan Penelitian	43

3.5	Prosedur Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Material	46
3.5.1	Pengujian Agregat Halus	46
3.5.2	Pengujian Agregat Kasar	48
3.5.3	Pengujian cangkang kelapa sawit.....	50
3.6	Desain benda uji.....	52
3.7	Perencanaan <i>Mix Design</i> Campuran Beton.....	53
3.8	Pembuatan Benda Uji	53
3.9	Pengujian <i>Slump</i>	54
3.10	Perawatan Beton (<i>Curing</i>)	55
3.11	Pengkorosian Benda Uji	56
3.12	Pengujian Kuat Lentur Beton.....	57
3.13	Analisis Data	58
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		68
4.1	Pengujian Agregat Halus	68
4.2	Pengujian Agregat Kasar	70
4.3	Pengujian Cangkang Kelapa Sawit.....	71
4.4	Pengujian <i>Slump</i> Beton.....	72
4.5	Pengujian Pengkaratan Beton	73
4.6	Pengujian Kuat Lentur Beton.....	75
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		88
5.1	Kesimpulan	88
5.2	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA		90
LAMPIRAN		94

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil uji kuat lentur beton.....	8
Tabel 2. 2 Hasil uji kuat lentur beton dan lendutan.....	9
Tabel 2. 3 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang	16
Tabel 2. 4 Lanjutan perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang.....	17
Tabel 2. 5 Lanjutan perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang.....	18
Tabel 2. 6 Jenis dan penggunaan semen <i>Portland</i>	19
Tabel 2. 7 Nilai <i>slump</i> berdasarkan tipe konstruksi.....	23
Tabel 2. 8 Rangkuman penelitian sebelumnya untuk uji korosi dipercepat.....	29
Tabel 3. 1 <i>Mix design</i> untuk 1 cetakan.....	55
Tabel 4. 1 Hasil pemeriksaan gradasi butiran agregat halus	62
Tabel 4. 2 Kriteria butiran agregat halus.....	64
Tabel 4. 3 Hasil pemeriksaan agregat halus	65
Tabel 4. 4 Hasil pemeriksaan agregat kasar	66
Tabel 4. 5 Hasil pemeriksaan cangkang kelapa sawit.....	67
Tabel 4. 6 Hasil uji <i>slump</i>	67
Tabel 4. 7 Perhitungan korosi dengan persamaan Hukum Faraday	68
Tabel 4. 8 Persen kehilangan massa hasil metode <i>impressed current</i>	68
Tabel 4. 9 Persen kehilangan massa metode alami.....	69
Tabel 4. 10 Hasil uji kuat lentur beton metode pengkaratan alami dan <i>impressed current</i> persentase pengkaratan 1%	75
Tabel 4. 11 Hasil uji kuat lentur beton metode pengkaratan alami dan <i>impressed current</i> persentase pengkaratan 2%	76
Tabel 4. 12 Hasil uji kuat lentur beton metode pengkaratan alami dan <i>impressed current</i> persentase pengkaratan 3%	76
Tabel 4. 13 Hasil uji kuat lentur beton metode pengkaratan alami dan <i>impressed current</i> persentase pengkaratan 4%	77
Tabel 4. 14 Hasil uji kuat lentur beton.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik hasil lendutan.....	6
Gambar 2. 2 Diagram perbandingan kuat lentur	7
Gambar 2. 3 Grafik hubungan kuat lentur dengan persen <i>fly ash</i>	8
Gambar 2. 4 Kurva tegangan pada beton	10
Gambar 2. 5 Kurva defleksi gaya lentur balok.....	11
Gambar 2. 6 Grafik defleksi beban grup 1	12
Gambar 2. 7 Grafik defleksi beban grup 2	13
Gambar 2. 8 Grafik defleksi beban grup 3	13
Gambar 2. 9 Grafik defleksi beban grup 4	14
Gambar 2. 10 Perbandingan perilaku lentur dengan penelitian sebelumnya	15
Gambar 2. 11 Kapasitas lentur pada korosi yang berbeda	16
Gambar 2. 12 Ilustrasi skema korosi baja tulangan dalam beton sebagai proses elektrokimia (Ahmad, 2003)	24
Gambar 2. 13 Skema model korosi baja dengan adanya ion klorida (Kamimura dkk., 2012).....	25
Gambar 2. 14 Pengaturan arus terkesan untuk mempercepat korosi tulangan pada benda uji balok beton bertulang ukuran besar	28
Gambar 2. 15 Pengaturan sel korosi yang dipercepat (Austin, dkk. 2004).....	28
Gambar 2. 16 Pengujian kuat lentur pembebanan satu titik.....	30
Gambar 2. 17 Contoh kurva beban-defleksi (Kawasaki dkk., 2014).....	31
Gambar 2. 18 Evolusi kurva beban-defleksi menurut kerusakan akibat korosi tulangan (Dang dan François, 2014).....	31
Gambar 2. 19 Faktor daktalitas dengan kedalaman balok (Rao dkk., 2017)	33
Gambar 2. 20 Perilaku korosi balok beton bertulang dalam hal (a) Variasi defleksi dari korosi (b) Variasi kekakuan balok beton (Malumbela dkk., 2012)	33
Gambar 2. 21 Kemungkinan modus keruntuhan (a) Jenis retak miring (b) Modus keruntuhan geser (Sharma, 2014)	35
Gambar 3. 1 Agregat halus (pasir).....	36
Gambar 3. 2 Agregat kasar (kerikil)	36
Gambar 3. 3 Cangkang kelapa sawit.....	37
Gambar 3. 4 Semen.....	37
Gambar 3. 5 Air	38
Gambar 3. 6 Besi tulangan	38
Gambar 3. 7 Garam dapur	38
Gambar 3. 8 Timbangan digital.....	39
Gambar 3. 9 Satu set ayakan	39
Gambar 3. 10 <i>Mini concrete mixer</i>	40
Gambar 3. 11 Kerucut <i>Abrams</i>	40
Gambar 3. 12 Batang penumbuk	41
Gambar 3. 13 Alas baja.....	41
Gambar 3. 14 penggaris	41
Gambar 3. 15 Cetakan benda uji	42

Gambar 3. 16 Karung goni.....	42
Gambar 3. 17 <i>Styrofoam</i>	43
Gambar 3. 18 Kawat bendrat.....	43
Gambar 3. 19 <i>D.C power supply</i>	44
Gambar 3. 20 Sendok semen.....	44
Gambar 3. 21 Nampan	44
Gambar 3. 22 <i>Universal machine test</i>	45
Gambar 3. 23 Bagan alir bagian 1	46
Gambar 3. 24 Bagan alir bagian 2	47
Gambar 3. 25 Pengujian agregat halus.....	48
Gambar 3. 26 Pengujian agregat kasar.....	50
Gambar 3. 27 Pengujian cangkang kelapa sawit	52
Gambar 3. 28 Cetakan benda uji	55
Gambar 3. 29 Proses pembuatan benda uji	56
Gambar 3. 30 Pengujian <i>slump</i>	57
Gambar 3. 31 Proses <i>curing</i> beton.....	58
Gambar 3. 32 Proses pengkorosian metode <i>impressed current</i>	59
Gambar 3. 33 Proses pengkorosian metode alami.....	59
Gambar 3. 34 Proses pengujian kuat lentur.....	60
Gambar 4. 1 Grafik hubungan persen lolos kumulatif dan ukuran saringan.....	63
Gambar 4. 2 Grafik hubungan persen lolos kumulatif dan ukuran saringan pada daerah gradasi nomor 2	63
Gambar 4. 3 Baja tulangan setelah dilepaskan dari beton (a) korosi 10%, (b) korosi 20%, (c) korosi 30% dan (d) korosi 40%.....	69
Gambar 4. 4 Hasil pengkorosian metode alami (a) Perendaman 24 jam, (b) Perendaman 48 jam (c) Perendaman 72 dan (d) Perendaman 96 jam	70
Gambar 4. 5 Balok beton setelah pengujian lentur (a) perendaman 24 jam, (b) perendaman 48 jam, (c) perendaman 72 jam dan (d) perendaman 96 jam	71
Gambar 4. 6 Grafik hasil uji kuat lentur beton metode perendaman dengan larutan NaCl 5%.....	72
Gambar 4. 7 Balok beton setelah pengujian lentur (a) korosi 10% (b) korosi 20%, (c) korosi 30% dan (d) korosi 40%	73
Gambar 4. 8 Grafik hasil uji kuat lentur beton metode <i>impressed current</i>	74
Gambar 4. 9 Grafik hasil uji kuat lentur beton pengkaratan alami dan <i>impressed current</i> dengan persentase 1%.....	75
Gambar 4. 10 Grafik hasil uji kuat lentur beton pengkaratan alami dan <i>impressed current</i> dengan persentase 20%	76
Gambar 4. 11 Grafik hasil uji kuat lentur beton pengkaratan alami dan <i>impressed current</i> dengan persentase 30%.....	77
Gambar 4. 12 Grafik hasil uji kuat lentur beton pengkaratan alami dan <i>impressed current</i> dengan persentase 40%.....	78
Gambar 4. 13 Hasil pengujian kuat lentur beton setelah proses korosi	80
Gambar 4. 14 Grafik hubungan beban-defleksi	82
Gambar 4. 15 Grafik hubungan beban-defleksi	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian gradasi butiran	90
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pasir.....	92
Lampiran 3. Pengujian kadar lumpur pasir	94
Lampiran 4. Pengujian kadar air pasir	95
Lampiran 5. Pengujian berat isi pasir	96
Lampiran 6. Pengujian berat jenis dan penyerapan air kerikil	97
Lampiran 7. Pengujian kadar lumpur kerikil.....	99
Lampiran 8. Pengujian kadar air kerikil.....	100
Lampiran 9. Pengujian keausan kerikil.....	101
Lampiran 10. Pengujian berat isi kerikil	102
Lampiran 11. Pengujian berat jenis dan penyerapan air tempurung kelapa sawit	103
Lampiran 12. Pengujian kadar lumpur tempurung kelapa sawit	105
Lampiran 13. Pengujian kadar air tempurung kelapa sawit	106
Lampiran 14. Pengujian keausan tempurung kelapa sawit	107
Lampiran 15. Pengujian berat isi tempurung kelapa sawit	108
Lampiran 16. Perhitungan <i>mix design</i>	109
Lampiran 17 Hasil uji kuat lentur beton	113

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
V	$[L]^3$	Volume
Δm	$[M^3/N]$	Kehilangan massa baja tulangan
I	[I]	Kuat arus
t	[T]	Waktu
F	[I/T]	Konstanta Faraday
δ	$[ML^2T^{-2}]$	Kuat lentur
P	$[M^3]$	Beban

DAFTAR SINGKATAN

NDT	= <i>Non Destructive Testing</i>
MHB	= Modulus Halus Butir
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>

DAFTAR ISTILAH

1. *Slump*
Pengukuran penurunan ketinggian pada beton segar
2. *Mix design*
Cara untuk mendapatkan proporsi campuran beton