

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PERGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT DENGAN
CANGKANG KELAPA SAWIT PADA KUAT LENTUR BETON
BERKARAT**

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



Candra Agung Wibisono

20170110188

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2021**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Candra Agung Wibisono.
NIM : 20170110188
Judul : Pengaruh pergantian sebagian agregat dengan cangkang kelapa sawit pada kuat lentur beton berkarat

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, 26 Juli 2021

Yang membuat pernyataan



10000
SEPULUH RIBU RUPIAH
METERAI
TEMPEL
97AJX272668475

Candra Agung Wibisono

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Candra Agung Wibisono

NIM : 20170110188

Judul : Pengaruh pergantian sebagian agregat dengan cangkang kelapa sawit pada kuat lentur beton berkarat

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, 26 Juli 2021

Penulis,



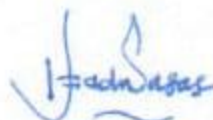
Candra Agung
Wibisono

Dosen Peneliti,



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

Dosen Anggota Peneliti 1,



Ir. Fadillawaty S, M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan
Kepada Allah Yang Maha Kuasa
Terima kasih saya persembahkan
Kepada orang – orang terdekat saya

Kepada kedua orang tua saya
Kepada dosen pembimbing saya
Kepada adik – adik saya
Kepada teman serta sahabat

Dan juga
Kamu yang saat ini juga sedang berjuang

Terima kasih telah menemani saya dalam setiap prosesnya
Sampai hari ini
Kamu masih dengan sabar menemani
Saling mengisi, bermusuhan, dan juga saling bertukar pendapat
Semoga proses ini dapat mendewasakan kita

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 mengkaji pengaruh pergantian sebagian agregat kasar menggunakan limbah cangkang kelapa sawit terhadap kuat lentur beton ringan berkarat.

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. Kedua Orang Tua dan Saudara saya yang telah memberikan dukungan secara moril dan materiil, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
4. Seluruh rekan dan teman yang telah membantu serta mendukung saya, sehingga tugas akhir ini dapat saya selesaikan dengan baik.

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, 26 Juli 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR ISTILAH	xviii
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Lingkup Penelitian	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.1.1 Pengaruh Pergantian CKS sebagai Agregat Kasar terhadap Kuat Lentur Beton	7
2.1.2 Pengaruh Korosi terhadap Kekuatan Beton	16
2.2 Dasar Teori	24
2.2.1 Beton	24
2.2.2 Bahan Penyusun Beton	26
2.2.3 Pemeriksaan Agregat	32
2.2.4 <i>Fresh Properties</i>	37
2.2.5 <i>Hardened Properties</i>	38
2.2.6 Korosi	38
2.2.6 Uji Kuat Lentur Beton Bertulang	42

2.2.6 <i>Curing</i>	47
2.2.7 Umur Beton	47
BAB III. METODE PENELITIAN.....	48
3.1 Materi Penelitian.....	48
3.2 Alat dan Bahan	48
3.2.1 Alat	48
3.2.2 Bahan	56
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	59
3.4 Tahapan Penelitian.....	59
3.4.1 Studi Pustaka	60
3.4.2 Persiapan Alat dan Bahan.....	61
3.4.3 Pengujian Material.....	61
3.4.4 <i>Mix Design</i>	64
3.4.5 Pembuatan Benda Uji	65
3.4.6 Uji <i>Slump</i>	65
3.4.7 <i>Curing</i> Beton	66
3.4.8 Proses Korosi	66
3.4.9 Uji Lentur Beton	67
3.4.10 Hasil Proses Korosi dan Uji Kuat Lentur	68
3.5 Analisis Data.....	69
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	70
4.1 Pengujian Material Penyusun Beton.....	70
4.1.1 Hasil Pengujian pada Pasir	70
4.1.2 Hasil Pengujian pada Kerikil	72
4.1.3 Hasil Pengujian pada Cangkang Kelapa Sawit.....	73
4.2 <i>Mix Design</i>	75
4.3 <i>Slump</i>	76
4.4 Proses Korosi	76
4.5 Uji Kuat Lentur Beton	77
4.6 Pola Keruntuhan	85
4.7 Nilai Defleksi.....	90
BAB V.. KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai lendutan pada tiap benda uji.....	7
Tabel 2. 2 Nilai kuat lentur pada tiap benda uji	8
Tabel 2. 3 Nilai beban maksimum pada tiap benda uji	9
Tabel 2. 4 Nilai momen lentur pada tiap benda uji	9
Tabel 2. 5 Nilai lendutan pada tiap benda uji.....	9
Tabel 2. 6 Nilai kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur pada tiap benda uji.....	10
Tabel 2. 7 Nilai momen lentur pada tiap benda uji	11
Tabel 2. 8 Nilai kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan modulus elastisitas pada tiap benda uji	11
Tabel 2. 8 Nilai kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan modulus elastisitas pada tiap benda uji (Lanjutan)	12
Tabel 2. 9 Hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur.....	13
Tabel 2. 10 Nilai kuat tekan pada tiap benda uji.....	14
Tabel 2. 11 Nilai kuat tarik dan kuat lentur pada tiap benda uji	14
Tabel 2. 12 Nilai kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur pada tiap benda uji.....	15
Tabel 2. 13 Nilai kapasitas beban pada tiap benda uji	20
Tabel 2. 14 Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan.....	21
Tabel 2. 14 Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan (Lanjutan)	22
Tabel 2. 14 Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan (Lanjutan)	23
Tabel 2. 14 Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan (Lanjutan)	24
Tabel 2. 15 Senyawa utama yang ada pada semen (Zongjin, 2011).....	26
Tabel 2. 16 Kandungan yang ada pada semen (Zongjin, 2011).....	27
Tabel 2. 17 Kandungan yang ada pada cangkang kelapa sawit	32
Tabel 2. 18 Hasil pengujian pada cangkang kelapa sawit.....	32
Tabel 2. 19 Pembagian daerah gradasi butiran agregat halus	34
Tabel 4. 1 Hasil pengujian agregat halus	72
Tabel 4. 2 Hasil pengujian agregat kasar (kerikil)	73
Tabel 4. 3 Hasil pengujian agregat kasar (cangkang sawit).....	74
Tabel 4. 4 Kebutuhan material untuk 1 m ³ balok	75
Tabel 4. 5 Kebutuhan material untuk 1 buah balok (0% CKS)	75
Tabel 4. 6 Kebutuhan material untuk 1 buah balok (10% CKS)	75
Tabel 4. 7 Kebutuhan material untuk 1 buah balok (20% CKS)	75
Tabel 4. 8 Kebutuhan material untuk 1 buah balok (30% CKS)	76
Tabel 4. 9 Kebutuhan material untuk 1 buah balok (40% CKS)	76
Tabel 4. 10 Hasil uji <i>slump</i>	76
Tabel 4. 11 Hasil analisis durasi korosi	77

Tabel 4. 12 Hasil uji lentur balok cangkang kelapa sawit dengan persentase korosi 0,5%	77
Tabel 4. 13 Hasil uji lentur balok cangkang kelapa sawit dengan persentase korosi 1,5%	79
Tabel 4. 14 Hasil uji lentur benda uji dengan variasi persentase korosi	83
Tabel 4. 15 Keruntuhan pada tiap benda uji	89
Tabel 4. 16 Nilai defleksi pada tiap benda uji.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil kuat tekan tiap benda uji	8
Gambar 2. 2 Hasil kuat tarik lentur tiap benda uji	8
Gambar 2. 3 Hasil kuat lentur tiap benda uji	11
Gambar 2. 4 Hasil momen lentur tiap benda uji	12
Gambar 2. 5 Hasil uji tekan tiap benda uji	13
Gambar 2. 6 Hasil kuat lentur tiap benda uji	13
Gambar 2. 7 Hasil kuat tekan tiap benda uji	15
Gambar 2. 8 Hasil kuat tarik tiap benda uji	15
Gambar 2. 9 Hasil kuat lentur tiap benda uji	15
Gambar 2. 10 Hasil rapat massa tiap benda uji	16
Gambar 2. 11 Hasil kadar pori tiap benda uji	16
Gambar 2. 12 Hasil kuat lekat tiap benda uji	17
Gambar 2. 13 Hasil kapasitas beban tiap benda uji	17
Gambar 2. 14 Hasil kapasitas beban tiap benda uji berkarat pada persentase serat propilene 0%	18
Gambar 2. 15 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 0%	18
Gambar 2. 16 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 5%	18
Gambar 2. 17 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 7%	19
Gambar 2. 18 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 9%	19
Gambar 2. 19 Hasil tiap benda uji.....	20
Gambar 2. 20 Reaksi korosi pada tulangan (Broomfield, 2003).....	40
Gambar 2. 21 Proses pengikisan lapisan pasif oleh klorida (Broomfield, 2003)..	41
Gambar 2. 22 Metode akselerasi korosi (Su et al., 2019)	41
Gambar 2. 23 Grafik hubungan antara beban dengan <i>displacement</i> pada beton (Merriza et al., 2016).....	43
Gambar 2. 24 Skema pengujian kuat lentur dengan pembebanan terpusat.....	43
Gambar 2. 25 Skema pengujian kuat lentur dengan dua titik pembebanan	44
Gambar 2. 26 Lokasi retak berada di daerah pusat (1/3 bentang tengah)	45
Gambar 2. 27 Lokasi retak berada di luar pusat (1/3 bentang tengah) dan garis patah <5% dari bentang.....	45
Gambar 2. 28 Keruntuhan lentur.....	46
Gambar 2. 29 Keruntuhan tekan geser	46
Gambar 2. 30 Keruntuhan tarik diagonal.....	47
Gambar 3. 1 Neraca <i>ohauss</i> , (a) <i>defender</i> 3000, (b) <i>defender</i> 2000	48
Gambar 3. 2 Nampan	49
Gambar 3. 3 Tabung <i>erlenmeyer</i>	49
Gambar 3. 4 Alat uji berat jenis agregat kasar	50
Gambar 3. 5 Mesin <i>Los Angeles</i>	50
Gambar 3. 6 Saringan.....	50
Gambar 3. 7 Mesin <i>shaker</i>	51
Gambar 3. 8 Oven	51
Gambar 3. 9 <i>Concrete mixer</i>	52
Gambar 3. 10 Cetakan.....	52

Gambar 3. 11 Tabung ukur	53
Gambar 3. 12 Kerucut <i>abrams</i>	53
Gambar 3. 13 Batang penusuk	53
Gambar 3. 14 Penggaris	54
Gambar 3. 15 Jangka sorong.....	54
Gambar 3. 16 Alas.....	54
Gambar 3. 17 <i>DC power supply</i>	55
Gambar 3. 18 Sterofoam	55
Gambar 3. 19 Karung goni.....	56
Gambar 3. 20 Alat uji lentur	56
Gambar 3. 21 Semen	56
Gambar 3. 22 Kerikil.....	57
Gambar 3. 23 Pasir.....	57
Gambar 3. 24 Air.....	57
Gambar 3. 25 Garam	58
Gambar 3. 26 Air suling.....	58
Gambar 3. 27 Cangkang kelapa sawit.....	58
Gambar 3. 28 Diagram alir penelitian.....	59
Gambar 3. 28 Diagram alir penelitian (Lanjutan).....	60
Gambar 3. 29 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.....	61
Gambar 3. 30 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.....	62
Gambar 3. 31 Pengujian berat isi agregat	62
Gambar 3. 32 Pengujian kadar air agregat	63
Gambar 3. 33 Pengujian gradasi butiran halus.....	63
Gambar 3. 34 Pengujian keausan	64
Gambar 3. 35 Pengujian kadar lumpur	64
Gambar 3. 36 Dimensi benda uji yang digunakan	65
Gambar 3. 37 Pembuatan beton	65
Gambar 3. 38 Pembuatan beton	66
Gambar 3. 39 <i>Curing</i> beton.....	66
Gambar 3. 40 Pengujian laju korosi	67
Gambar 3. 41 Skema pengujian laju korosi	67
Gambar 3. 42 Pengujian kuat lentur.....	68
Gambar 3. 43 Skema uji kuat lentur.....	68
Gambar 4. 1 Persen lolos kumulatif pasir	70
Gambar 4. 2 Daerah gradasi 2 pasir.....	71
Gambar 4. 3 Nilai kuat lentur pada balok CKS dengan tingkat korosi 0,5%	78
Gambar 4. 4 Nilai penurunan pada balok cangkang kelapa sawit dengan tingkat korosi 0,5%	79
Gambar 4. 5 Nilai kuat lentur pada balok cangkang kelapa sawit dengan persentase korosi 1,5%	80
Gambar 4. 6 Nilai penurunan kuat lentur pada balok cangkang kelapa sawit dengan persentase korosi 1,5%	81
Gambar 4. 7 Nilai penurunan kuat lentur pada balok berkarat pada tiap persentase cangkang kelapa sawit.....	82

Gambar 4. 8 Nilai kuat lentur pada setiap benda uji dengan variasi cangkang kelapa sawit dan variasi korosi	83
Gambar 4. 9 Nilai penurunan kuat lentur pada setiap benda uji dengan variasi cangkang kelapa sawit dan variasi korosi terhadap benda uji kontrol	84
Gambar 4. 10 Retakan pada balok normal 1	85
Gambar 4. 11 Retakan pada balok normal 2	85
Gambar 4. 12 Retakan pada balok cangkang kelapa sawit 10% dengan tingkat korosi 0,5%	86
Gambar 4. 13 Retakan pada balok cangkang kelapa sawit 10% dengan tingkat korosi 1,5%	86
Gambar 4. 14 Retakan pada balok cangkang kelapa sawit 20% dengan tingkat korosi 0,5%	87
Gambar 4. 15 Retakan pada balok cangkang kelapa sawit 20% dengan tingkat korosi 1,5%	87
Gambar 4. 16 Retakan pada balok cangkang kelapa sawit 30% dengan tingkat korosi 0,5%	87
Gambar 4. 17 Retakan pada balok cangkang kelapa sawit 30% dengan tingkat korosi 1,5%	88
Gambar 4. 18 Retakan pada balok cangkang kelapa sawit 40% dengan tingkat korosi 0,5%	88
Gambar 4. 19 Retakan pada balok cangkang kelapa sawit 30% dengan tingkat korosi 1,5%	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air kerikil.....	97
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air tempurung kelapa sawit..	99
Lampiran 3. Pengujian berat isi kerikil.....	101
Lampiran 4. Pengujian berat isi tempurung kelapa sawit	102
Lampiran 5. Pengujian kadar air kerikil.....	103
Lampiran 6. Pengujian kadar air tempurung kelapa sawit.....	104
Lampiran 7. Pengujian kadar lumpur kerikil	105
Lampiran 8. Pengujian kadar lumpur tempurung kelapa sawit.....	106
Lampiran 9. Pengujian keausan kerikil.....	107
Lampiran 10. Pengujian keausan tempurung kelapa sawit	108
Lampiran 11. Pengujian gradasi pasir	109
Lampiran 12. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pasir	111
Lampiran 13. Pengujian berat isi pasir.....	113
Lampiran 14. Pengujian kadar air pasir	114
Lampiran 15. Pengujian kadar lumpur pasir	115
Lampiran 16. Perhitungan <i>mix design</i>	116

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
Δm	$[M^2]$	Selisih massa
W	$[M^2]$	Massa benda uji
V	$[L^3]$	Volume
ft	$[M] [L^{-2}]$	Kuat lentur
M	[-]	Nomor atom logam
I	[I]	Arus listrik
t	[T]	Durasi
z	[-]	Elektron yang bereaksi
F	[I] $[T^{-1}]$	Konstanta <i>faraday</i>
P	[M]	Beban maksimum
L	[L]	Panjang bentang
b	[L]	Lebar balok
d	[L]	Tinggi balok

DAFTAR SINGKATAN

CKS	: Cangkang Kelapa Sawit
SNI	: Standar Nasional Indonesia
PBI	: Peraturan Beton Bertulang Indonesia
<i>OPS</i>	: <i>Oil Palm Shell</i>
<i>POC</i>	: <i>Palm Oil Clinker</i>

DAFTAR ISTILAH

1. **Optimum**
Sesuatu yang berada pada kondisi terbaik
2. *Curing*
Perilaku yang dilakukan untuk menjaga kelembapan beton sehingga beton tidak mengalami retak karena suhu yang terlalu tinggi.
3. *Mix design*
Rancangan yang digunakan untuk mengetahui kebutuhan material sebuah beton dengan kuat tekan tertentu.
4. *Slump*
Tingkat kekentalan dari campuran beton
5. *Workability*
Kemudahan dalam melaksanakan pengadukan beton
6. *Fresh concrete*
Kondisi dimana beton segar sedang dalam proses pencampuran
7. *Hardened concrete*
Kondisi dimana beton sudah mengeras dan siap untuk diuji
8. *Accelerated corrosion test*
Pengujian korosi dengan menggunakan alat bantu *DC* untuk mempercepat durasi korosi