

# **TUGAS AKHIR**

## **PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN AGREGAT KASAR DENGAN CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KUAT LENTUR BETON BERKARAT PRE-KOROSI**



Disusun oleh:

**Alifian Herlambang Ardianto**

20160110054

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA  
2022**

## **TUGAS AKHIR**

# **PENGARUH SUBSTITUSI SEBAGIAN AGREGAT KASAR DENGAN CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KUAT LENTUR BETON BERKARAT PRE-KOROSI**

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



Disusun oleh:

**Alifian Herlambang Ardianto**

20160110054

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA  
2022**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alifian Herlambang Ardianto  
NIM : 20160110054  
Judul : Pengaruh Substitusi Agregat Kasar Dengan Cangkang  
Kelapa Sawit Terhadap Kuat Lentur Beton Berkarat  
Pre-Korosi

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, 20 Januari 2022

Yang membuat pernyataan



Alifian Herlambang Ardianto

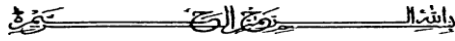
## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

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 tim Tugas Akhir  
saya, Kepada teman serta sahabat yang berada  
di Jogja maupun kota saya

Terima kasih telah menemani saya dalam  
setiap prosesnya Sampai hari ini.

## 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, 20 Januari 2022

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to read 'Alifian Herlambang Ardianto'.

Alifian Herlambang Ardianto

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
PRAKATA .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xix
DAFTAR SINGKATAN .....	xx
DAFTAR ISTILAH .....	xxi
ABSTRAK .....	xxii
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 .....	5
BAB II 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 .....	60
2.2 Dasar Teori.....	69
2.2.1 Beton .....	70
2.2.2 Bahan Penyusun Beton.....	72
2.2.3 Pemeriksaan Agregat.....	78
2.2.4 Fresh Properties.....	83
2.2.5 Hardened Properties .....	84
2.2.6 Korosi .....	85
2.2.7 Uji Kuat Lentur Beton Bertulang .....	89
2.2.8 Curing.....	95
2.2.9 Umur Beton .....	95
2.2.10 Kekakuan (Stiffness).....	95
2.2.11 Daktilitas .....	96
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>97</b>
3.1 Materi Penelitian .....	97
3.2 Alat dan Bahan .....	97
3.2.1 Alat .....	97
3.2.2 Bahan.....	61
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian .....	63
3.4 Tahapan Penelitian .....	64
3.4.1 Studi Pustaka .....	64
3.4.2 Persiapan Alat dan Bahan.....	65
3.4.3 Pengujian Material .....	65



3.4.4 Proses Korosi.....	69
3.4.5 Mix Design.....	70
3.4.6 Pembuatan Benda Uji.....	70
3.4.7 Uji Slump .....	72
3.4.8 Curing Beton .....	72
3.4.9 Uji Lentur Beton.....	72
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>74</b>
4.1 Pengujian Material Penyusun Beton .....	74
4.1.1 Hasil Pengujian pada Pasir .....	74
4.1.2 Hasil Pengujian pada Kerikil.....	76
4.1.3 Hasil Pengujian pada Cangkang Kelapa Sawit .....	78
4.2 Slump .....	80
4.3 Proses Korosi.....	82
4.4 Mix Design.....	80
4.5 Uji Kuat Lentur Beton.....	82
4.6 Pola Keruntuhan.....	91
4.7 Nilai Defleksi .....	88
4.8 Nilai Kekakuan.....	88
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>91</b>
5.1 Kesimpulan .....	96
5.2 Saran .....	97
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>99</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>99</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai lendutan pada tiap benda uji.....	7
Tabel 2. 2 Nilai kuat lentur pada tiap benda uji .....	52
Tabel 2. 3 Nilai beban maksimum pada tiap benda uji .....	53
Tabel 2. 4 Nilai momen lentur pada tiap benda uji .....	53
Tabel 2. 5 Nilai lendutan pada tiap benda uji.....	53
Tabel 2. 6 Nilai kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur pada tiap benda uji.....	54
Tabel 2. 7 Nilai momen lentur pada tiap benda uji .....	55
Tabel 2. 8 Nilai kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan modulus elastisitas pada tiap benda uji.....	56
Tabel 2. 9 Hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur .....	57
Tabel 2. 10 Nilai kuat tekan pada tiap benda uji.....	58
Tabel 2. 11 Nilai kuat tarik dan kuat lentur pada tiap benda uji .....	58
Tabel 2. 12 Nilai kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur pada tiap benda uji.....	59
Tabel 2. 13 Nilai kapasitas beban pada tiap benda uji .....	64
Tabel 2. 14 Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan.....	66
Tabel 2. 15 Senyawa utama yang ada pada semen (Zongjin, 2011) .....	72
Tabel 2. 16 Kandungan yang ada pada semen (Zongjin, 2011).....	73
Tabel 2. 17 Kandungan yang ada pada cangkang kelapa sawit .....	77
Tabel 2. 18 Hasil pengujian pada cangkang kelapa sawit.....	78
Tabel 2. 19 Pembagian daerah gradasi butiran agregat halus .....	80
Tabel 3. 1 Nama pembuatan benda uji dengan variasi CKS.....	71
Tabel 4. 1 Hasil pengujian agregat halus .....	76
Tabel 4. 2 Hasil pengujian agregat kasar (kerikil) .....	77
Tabel 4. 3 Hasil pengujian agregat kasar (cangkang sawit).....	79
Tabel 4. 4 Kebutuhan material untuk 1 buah balok (15% CKS) .....	79
Tabel 4. 5 Kebutuhan material untuk 1 buah balok (20% CKS) .....	79

Tabel 4. 6 Hasil uji slump .....	80
Tabel 4. 7 Kebutuhan material untuk 1 m <sup>3</sup> balok.....	81
Tabel 4. 8 Kebutuhan material untuk 1 buah balok (0% CKS) .....	81
Tabel 4. 9 Kebutuhan material untuk 1 buah balok (5% CKS) .....	81
Tabel 4. 10 Kebutuhan material untuk 1 buah balok (10% CKS) .....	81
Tabel 4. 11 Hasil analisis durasi korosi .....	82
Tabel 4. 12 Hasil uji lentur dan perbedaan kuat lentur terhadap beton CKS 0 pada beton 14 hari .....	84
Tabel 4. 13 Hasil uji lentur dan perbedaan kuat lentur terhadap beton CKS 0 pada beton 28 hari .....	85
Tabel 4. 14 Hasil uji lentur benda uji dengan variasi persentase korosi .....	87
Tabel 4. 15 Tabel hasil dari perhitungan kekakuan beton CKS umur 14 hari .....	88
Tabel 4. 16 Tabel hasil perhitungan kekakuan beton CKS umur 28 hari .....	89
Tabel 4. 17 Tabel nilai daktilitas beton CKS usia 14 hari .....	90
Tabel 4. 18 Tabel nilai daktilitas beton CKS usia 28 hari .....	90
Tabel 4. 19 Keruntuhan pada tiap benda uji .....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil kuat tekan tiap benda uji .....	52
Gambar 2. 2 Hasil kuat tarik lentur tiap benda uji .....	52
Gambar 2. 3 Hasil kuat lentur tiap benda uji .....	55
Gambar 2. 4 Hasil momen lentur tiap benda uji .....	56
Gambar 2. 5 Hasil uji tekan tiap benda uji.....	57
Gambar 2. 6 Hasil kuat lentur tiap benda uji .....	57
Gambar 2. 7 Hasil kuat tekan tiap benda uji .....	59
Gambar 2. 8 Hasil kuat tarik tiap benda uji .....	59
Gambar 2. 9 Hasil kuat lentur tiap benda uji .....	60
Gambar 2. 10 Hasil rapat massa tiap benda uji.....	60
Gambar 2. 11 Hasil kadar pori tiap benda uji .....	61
Gambar 2. 12 Hasil kuat lekat tiap benda uji .....	61
Gambar 2. 13 Hasil kapasitas beban tiap benda uji .....	62
Gambar 2. 14 Hasil kapasitas beban tiap benda uji berkarat pada persentase serat propilene 0% .....	62
Gambar 2. 15 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 0% .....	63
Gambar 2. 16 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 5% .....	63
Gambar 2. 17 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 7% .....	63
Gambar 2. 18 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 9% .....	63
Gambar 2. 19 Hasil tiap benda uji.....	65
Gambar 2. 20 Reaksi korosi pada tulangan (Broomfield, 2003).....	87
Gambar 2. 21 Proses pengikisan lapisan pasif oleh klorida (Broomfield, 2003)...	88
Gambar 2. 22 Metode akselerasi korosi .....	88
Gambar 2. 23 Grafik hubungan antara beban dengan displacement pada beton (Merriza et al., 2016) .....	90
Gambar 2. 24 Skema pengujian kuat lentur dengan pembebanan terpusat.....	91
Gambar 2. 25 Skema pengujian kuat lentur dengan dua titik pembebanan .....	92
Gambar 2. 26 Lokasi retak berada di daerah pusat (1/3 bentang tengah) .....	92
Gambar 2. 27 Lokasi retak berada di luar pusat (1/3 bentang tengah) dan garis	

patah <5% dari bentang .....	93
Gambar 2. 28 Keruntuhan lentur.....	94
Gambar 2. 29 Keruntuhan tekan geser.....	94
Gambar 2. 30 Keruntuhan tarik diagonal.....	95
Gambar 3. 1 Neraca ohaus, (a) defender 3000, (b) defender 2000.....	97
Gambar 3. 2 Nampan .....	53
Gambar 3. 3 Tabung erlenmeyer.....	53
Gambar 3. 4 Alat uji berat jenis agregat kasar .....	54
Gambar 3. 5 Mesin Los Angeles.....	54
Gambar 3. 6 Ayakan Saringan .....	54
Gambar 3. 7 Mesin shaker .....	55
Gambar 3. 8 Oven .....	55
Gambar 3. 9 Concrete mixer .....	56
Gambar 3. 10 Cetakan.....	56
Gambar 3. 11 Tabung ukur .....	57
Gambar 3. 12 Kerucut abrams .....	57
Gambar 3. 13 Batang penusuk .....	57
Gambar 3. 14 Penggaris .....	58
Gambar 3. 15 Jangka sorong.....	58
Gambar 3. 16 Alas.....	59
Gambar 3. 17 <i>DC power supply</i> .....	59
Gambar 3. 18 Sterofoam .....	59
Gambar 3. 19 Karung goni.....	60
Gambar 3. 20 Alat uji lentur .....	60
Gambar 3. 21 Semen.....	61
Gambar 3. 22 Kerikil.....	61
Gambar 3. 23 Pasir.....	62
Gambar 3. 24 Air.....	62
Gambar 3. 25 Garam.....	62
Gambar 3. 26 Air suling.....	63
Gambar 3. 27 Cangkang kelapa sawit.....	63

Gambar 3. 28 flowchart.....	64
Gambar 3. 29 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.....	66
Gambar 3. 30 Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.....	66
Gambar 3. 31 Pengujian berat isi agregat .....	67
Gambar 3. 32 Pengujian kadar air agregat .....	67
Gambar 3. 33 Pengujian gradasi butiran halus.....	68
Gambar 3. 34 Pengujian keausan .....	68
Gambar 3. 35 Pengujian kadar lumpur .....	69
Gambar 3. 36 Pengujian laju korosi.....	70
Gambar 3. 37 Dimensi benda uji yang digunakan .....	71
Gambar 3. 38 Pembuatan beton .....	71
Gambar 3. 39 Pembuatan beton .....	72
Gambar 3. 40 Curing beton.....	72
Gambar 3. 41 Pengujian kuat lentur.....	73
Gambar 3. 42 Skema uji kuat lentur.....	73
Gambar 4. 1 Persen lolos kumulatif pasir .....	74
Gambar 4. 2 Daerah gradasi 2 pasir .....	75
Gambar 4. 3 Grafik hasil dari uji lentur beton CKS usia 14 hari.....	83
Gambar 4. 4 Nilai kuat lentur pada balok CKS dengan tingkat korosi 5% usia 14 hari .....	84
Gambar 4. 5 Grafik hasil dari uji lentur beton CKS usia 28 hari.....	85
Gambar 4. 6 Nilai kuat lentur pada balok CKS dengan tingkat korosi 5% usia 28 hari .....	86
Gambar 4. 7 Perbandingan hasil kuat lentur pada beton CKS 14 & 28 hari.....	87
Gambar 4. 9 Retakan pada balok CKS 0 usia 14 hari .....	91
Gambar 4. 10 Retakan pada balok CKS 0 usia 28 hari.....	91
Gambar 4. 11 Retakan pada balok CKS 5 usia 14 hari.....	92
Gambar 4. 12 Retakan pada balok CKS 5 usia 28 hari.....	92
Gambar 4. 13 Retakan pada balok CKS 10 usia 14 hari.....	93
Gambar 4. 14 Retakan pada balok CKS 10 dengan usia 28 hari .....	93
Gambar 4. 15 Retakan pada balok CKS 15 usia 14 hari.....	93

Gambar 4. 16 Retakan pada balok CKS 15 usia 28 hari.....	94
Gambar 4. 17 Retakan pada balok CKS 20 usia 14 hari.....	94
Gambar 4. 18 Retakan pada balok CKS 20 usia 28 hari.....	95

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air kerikil.....	101
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air tempurung kelapa sawit	103
Lampiran 3. Pengujian berat isi kerikil .....	105
Lampiran 4. Pengujian berat isi tempurung kelapa sawit .....	106
Lampiran 5. Pengujian kadar air kerikil.....	107
Lampiran 6. Pengujian kadar air tempurung kelapa sawit.....	108
Lampiran 7. Pengujian kadar lumpur kerikil .....	109
Lampiran 8. Pengujian kadar lumpur tempurung kelapa sawit.....	110
Lampiran 9. Pengujian keausan kerikil.....	111
Lampiran 10. Pengujian keausan tempurung kelapa sawit .....	112
Lampiran 11. Pengujian gradasi pasir.....	113
Lampiran 12. Pengujian berat isi dan penyerapan air pasir .....	115
Lampiran 13. Pengujian berat isi pasir.....	117
Lampiran 14. Pengujian kadar air pasir .....	118
Lampiran 15. Pengujian kadar lumpur pasir .....	119
Lampiran 16. Perhitungan <i>mix design</i> .....	120
Lampiran 17. Hasil uji lentur .....	124



## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
$\Delta m$	$[M^2]$	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> (Cangkang Kelapa Sawit)
<i>POC</i>	: <i>Palm Oil Clinker</i>
<i>LVDT</i>	: <i>Liniear Variable Displacement Transducer</i>
<i>SCC</i>	: <i>Self Compacting Concrete</i>
<i>GFRP</i>	: <i>Glass Fiber Reinforced Polymer</i>
<i>CFRP</i>	: <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</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
9. *Segregasi* :  
Pemisahan agregat kasar dari adukannya akibat campuran yang kurang lecah.