

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN AGREGAT  
DENGAN CANGKANG KELAPA SAWIT PADA KUAT  
LENTUR BETON SERAT MASKER**

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



**Rikki Suganda**

**20180110130**

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

**2021**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rikki Suganda  
NIM : 20180110130  
Judul : Pengaruh Penggantian Sebagian Agregat dengan Cangkang Kelapa Sawit Pada Kuat Lentur Beton Serat Masker.

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, 16 Maret 2022

Yang membuat pernyataan



Rikki Suganda

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rikki Suganda

NIM : 20180110130

Judul : Pengaruh Penggantian Sebagian Agregat dengan Cangkang Kelapa Sawit Pada Kuat Lentur Beton Serat Masker.

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul *Durability and Mechanical Properties of Corroded Lightweight Concrete and Mortars* dan didanai melalui skema hibah kolaboratif luar negeri oleh Lembaga Riset dan Inovasi (LRI) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2022 dengan nomor hibah 01/RIS-LRUU2022.

Yogyakarta, 16 Maret 2022

Penulis,



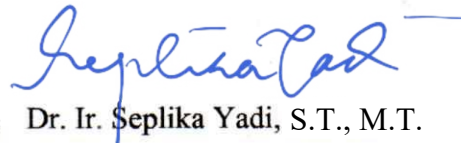
Rikki Suganda

Dosen Peneliti,



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

Dosen Anggota Peneliti 1,



Dr. Ir. Seplika Yadi, S.T., M.T.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah Rabbil'Alamin*, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tidak lupa shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi kemudahan dan kelancaran dalam mengerjakan Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc, Ph.D yang telah memberikan bimbingan Tugas Akhir dengan keiklasan dan kesabaran sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
3. Ibu, Bapak, adik, kakak dan seluruh keluarga yang telah memberikan limpahan kasih sayang dan dukungan. Berkat doa kalian saya diberikan kelancaran dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terimakasih telah memberikan semangat, dukungan, dan doa sehingga senantiasa diberikan kelancaran dalam setiap urusan yang saya kerjakan.

## 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 penggantian agregat kasar apabila diganti dengan cangkang kelapa sawit terhadap kuat lentur betonnya.

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. Ir. As'at Pujianto, M.T., IPM, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.

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, 16 Maret 2022

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
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
2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang .....	24
2.3 Dasar Teori .....	28
2.3.1 Beton .....	28
2.3.2 Cangkang Kelapa Sawit.....	29
2.3.3 Semen.....	29
2.3.4 Agregat.....	30
2.3.5 Pemeriksaan Agregat .....	32
2.3.6 <i>Superplasticizer</i> .....	34
2.3.7 Serat Masker.....	35
2.3.8 Air .....	35
2.3.9 Densitas .....	36
2.3.10 Daktilitas .....	36

2.3.11 Kekakuan.....	37
2.3.12 Kuat lentur.....	37
2.3.13 Pola Retak .....	39
<b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>41</b>
3.1 Bahan atau Material.....	41
3.1.1 Semen.....	41
3.1.2 Pasir.....	41
3.1.3 Kerikil atau batu pecah.....	42
3.1.4 Cangkang kelapa sawit.....	42
3.1.5 Serat masker .....	42
3.1.6 <i>Superplasticizer</i> .....	43
3.1.7 Besi polos .....	43
3.1.8 Air .....	44
3.2 Alat .....	44
3.2.1 <i>Mixer concrete</i> .....	44
3.2.2 Timbangan.....	45
3.2.3 Mesin <i>Los Angeles</i> .....	45
3.2.4 Mesin penggetar ( <i>shaker</i> ).....	46
3.2.5 Saringan.....	46
3.2.6 <i>Oven</i> .....	47
3.2.7 Kerucut <i>Abrams</i> .....	47
3.2.8 Batang penusuk.....	48
3.2.9 Meteran .....	48
3.2.10 Alas .....	49
3.2.11 Cetakan beton balok.....	49
3.2.12 Bak perendam.....	50
3.2.13 Alat uji kuat lentur beton.....	51
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	51
3.4 Tahapan Penelitian.....	52
3.4.1 Studi Literatur .....	53
3.4.2 Persiapan Alat dan Bahan .....	53
3.4.3 Pemeriksaan Bahan .....	54
3.4.4 Pengadukan Beton.....	56
3.4.5 Pengujian <i>Slump</i> .....	57
3.4.6 Pembuatan Benda Uji.....	57
3.4.7 Perawatan Benda Uji.....	59

3.4.8	Pengujian Densitas .....	59
3.4.9	Pengujian Kuat Lentur .....	60
3.5	Analisis Data.....	60
<b>BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>61</b>
4.1	Hasil Pengujian Agregat.....	61
4.1.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Batu Pecah .....	61
4.1.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Cangkang Kelapa Sawit .....	61
4.1.3	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir .....	61
4.1.4	Pengujian Kadar Lumpur Batu Pecah .....	62
4.1.5	Pengujian Kadar Lumpur Cangkang Kelapa Sawit .....	62
4.1.6	Pengujian Kadar Lumpur Pasir .....	62
4.1.7	Pengujian Gradasi Butir .....	62
4.1.8	Pengujian Kadar Air Kerikil .....	64
4.1.9	Pengujian Kadar Air Cangkang Kelapa Sawit.....	64
4.1.10	Pengujian Kadar Air Pasir.....	64
4.1.11	Pengujian Keausan Kerikil.....	65
4.1.12	Pengujian Keausan Cangkang Kelapa Sawit .....	65
4.1.13	Pengujian Berat Isi Kerikil.....	65
4.1.14	Pengujian Berat Isi Cangkang Kelapa Sawit .....	65
4.1.15	Pengujian Berat Isi Pasir .....	66
4.2	<i>Mix Design</i> .....	66
4.3	Densitas .....	66
4.4	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Kontrol .....	68
4.5	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi CKS.....	69
4.5.1	Hubungan Beban dengan <i>Displacement</i> .....	69
4.5.2	Hubungan kuat lentur dengan persentase CKS .....	74
4.5.3	Perbandingan kuat lentur dengan densitas .....	75
4.6	Pola Retak.....	76
4.6.1	Pola retak beton kontrol .....	76
4.6.2	Pola retak beton variasi cangkang kelapa sawit.....	77
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>81</b>
5.1	Kesimpulan.....	81
5.2	Saran .....	82
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>83</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>87</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil pengujian menurut umur rencana (Hidayat dan Ariyanto, 2019) .	6
Tabel 2. 2 Berat isi beton (Berli,2019).....	7
Tabel 2. 3 Hasil uji kuat tekan beton (Vitri dan Herman, 2019).....	8
Tabel 2. 4 Sifat fisis beton (Traore, dkk, 2017) .....	8
Tabel 2. 5 Sifat mekanik beton pada usia 28 hari (Traore, dkk, 2017).....	8
Tabel 2. 6 Proporsi campuran beton (Yap, dkk,2017) .....	9
Tabel 2. 7 Hasil pengujian beton (Yap, dkk,2017) .....	9
Tabel 2. 8 Kuat tekan beton (Huda, dkk, 2018) .....	13
Tabel 2. 9 Kuat tarik lentur dan kuat tarik beton (Huda, dkk, 2018) .....	13
Tabel 2. 10 Hasil pengujian kuat tarik dan kuat lentur .....	16
Tabel 2. 11 Hasil pengujian keukatan taik dan lentur beton .....	17
Tabel 2. 12 Hasil uji kuat tekan dengan variasi persentase <i>sikament-nn</i> (Megasari dan Winayanti, 2017).....	21
Tabel 2. 13 Hasil kuat tekan beton pada umur 14 hari.....	22
Tabel 2. 14 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang .....	24
Tabel 2. 15 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang (lanjutan).....	25
Tabel 2. 16 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang (lanjutan).....	26
Tabel 2. 17 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang (lanjutan).....	27
Tabel 2. 18 Batas gradasi agregat halus (BSN, 2000).....	31
Tabel 3. 1 Spesifikasi benda uji .....	58
Tabel 4. 1 Hasil pengujian gradasi agregat halus.....	63
Tabel 4. 2 <i>Mix design</i> beton 1 cetakan ukuran 10 x 10 x 50 cm pada tiap variasi	66
Tabel 4. 3 Hubungan densitas dan variasi cangkang sawit.....	67
Tabel 4. 4 Hasil pengujian beton kontrol .....	68
Tabel 4. 5 Daktilitas benda uji beton .....	72
Tabel 4. 6 Kekakuan benda uji beton.....	73
Tabel 4. 7 Hasil pengujian kuat lentur beton umur 28 hari.....	75
Tabel 4. 8 Hasil berat jenis dan kuat lentur.....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan kuat tekan beton cangkang kemiri terhadap umur pengujian beton (Susanto, dkk,2020).....	5
Gambar 2. 2 Grafik hubungan kuat tekan beton dengan dengan umur beton (Berli,2019).....	7
Gambar 2. 3 (a) Hasil uji kuat tekan, (b) hasil uji kuat lentur balok beton.....	10
Gambar 2. 4 (a) Diagram kuat tekan terhadap BMT dengan variasi aditif dan substitusi agregat, (b) Diagram kuat tarik lentur terhadap BMT dengan variasi aditif dan substitusi agregat.....	11
Gambar 2. 5 (a) Grafik hasil uji kuat tekan beton, (b) grafik hasil uji kuat lentur beton usia 28 hari, (c) grafik uji split beton .....	12
Gambar 2. 6 (a) Grafik berat jenis kering, (b) Kuat tekan benda uji, (c) kuat lentur benda uji.....	15
Gambar 2. 7 Kurva gaya perpindahan.....	15
Gambar 2. 8 Hasil uji kuat lentur.....	18
Gambar 2. 9 Hasil uji kuat tekan.....	19
Gambar 2. 10 Hasil uji kuat tekan beton.....	19
Gambar 2. 11 (a) Hasil uji kuat tekan 28 hari, (b) Hasil uji kuat tarik 28 hari .....	20
Gambar 2. 12 Perbandingan kuat geser dengan umur beton berdasarkan jenis <i>superplasticizer</i> .....	22
Gambar 2. 13 Hubungan kuat tekan dan densitas akibat rasio air semen .....	23
Gambar 2. 14 Hubungan kuat tekan dan densitas akibat persentase busa .....	23
Gambar 2. 15 Daktilitas perpindahan.....	36
Gambar 2. 16 Garis perletakan dan pembebanan.....	37
Gambar 2. 17 Garis perletakan dan pembebanan pembebanan terpusat.....	39
Gambar 2. 18 Retak geser .....	39
Gambar 2. 19 Retak lentur .....	40
Gambar 2. 20 Retak geser-lentur .....	40
Gambar 3. 1 Semen dynamix .....	41
Gambar 3. 2 Pasir Progo .....	41
Gambar 3. 3 Batu pecah Clereng .....	42
Gambar 3. 4 Limbah cangkang kelapa sawit .....	42
Gambar 3. 5 Serat masker .....	43
Gambar 3. 6 Sika <i>viscocrete</i> .....	43
Gambar 3. 7 Besi polos diameter 12 mm.....	44
Gambar 3. 8 Air.....	44
Gambar 3. 9 <i>Mixer concrete</i> .....	45
Gambar 3. 10 Timbangan.....	45
Gambar 3. 11 Mesin <i>Los Angeles</i> .....	46
Gambar 3. 12 <i>Shaker</i> .....	46
Gambar 3. 13 Saringan.....	47
Gambar 3. 14 <i>Oven</i> .....	47

Gambar 3. 15 Kerucut <i>Abrams</i> .....	48
Gambar 3. 16 Batang penusuk .....	48
Gambar 3. 17 Meteran.....	49
Gambar 3. 18 Alas.....	49
Gambar 3. 19 Cetakan beton balok .....	50
Gambar 3. 20 Bak perendam.....	50
Gambar 3. 21 Alat uji kuat lentur.....	51
Gambar 3. 22 Bagan Alir Penelitian .....	53
Gambar 3. 23 Pengadukan beton .....	56
Gambar 3. 24 <i>Curing</i> beton.....	59
Gambar 3. 25 Penimbangan beton .....	59
Gambar 3. 26 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 gradasi 2 .....	64
Gambar 4. 3 Grafik densitas beton berdasarkan % CKS .....	67
Gambar 4. 4 Hubungan beban dan <i>displacement</i> variasi CKS 0% .....	69
Gambar 4. 5 Hubungan beban dan <i>displacement</i> variasi CKS 25% .....	70
Gambar 4. 6 Hubungan beban dan <i>displacement</i> variasi CKS 50% .....	70
Gambar 4. 7 Hubungan beban dan <i>displacement</i> variasi CKS 75% .....	70
Gambar 4. 8 Hubungan beban dan <i>displacement</i> variasi CKS 100% .....	71
Gambar 4. 9 Gabungan hubungan beban dengan <i>displacement</i> pada semua sampel .....	71
Gambar 4. 10 Daktilitas benda uji.....	72
Gambar 4. 11 Kekakuan benda uji .....	73
Gambar 4. 12 Perbandingan daktilitas dan kekakuan berdasarkan % CKS.....	74
Gambar 4. 13 Hasil uji kuat lentur .....	75
Gambar 4. 14 Hubungan kuat lentur dan densitas berdasarkan % CKS.....	76
Gambar 4. 15 Pola retak benda uji kontrol (a) sampel N1, (b) sampel N2.....	77
Gambar 4. 16 Pola retak benda uji kontrol (a) sampel SM1, (b) sampel SM2 .....	77
Gambar 4. 17 Pola retak benda uji kontrol (a) sampel SP1, (b) sampel SP2.....	77
Gambar 4. 18 Pola retak benda uji CKS 0% (a) sampel A1, (b) sampel A2, (c) sampel A3.....	78
Gambar 4.19 (a) Pola retak benda uji CKS 25% (a) sampel B1, (b) sampel B2, (c) sampel B3.....	78
Gambar 4.20 Pola retak benda uji CKS 50% (a) sampel C1, (b) sampel C2, (c) sampel C3.....	79
Gambar 4.21 Pola retak benda uji CKS 75% (a) sampel D1, (b) sampel D2, (c) sampel D3.....	79
Gambar 4.22 Pola retak benda uji CKS 100% (a) sampel E1, (b) sampel E2, (c) sampel E3.....	80

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air kerikil.....	87
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air tempurung kelapa sawit .	89
Lampiran 3. Pengujian berat isi kerikil .....	91
Lampiran 4. Pengujian berat isi tempurung kelapa sawit .....	92
Lampiran 5. Pengujian kadar air kerikil.....	93
Lampiran 6. Pengujian kadar air tempurung kelapa sawit.....	94
Lampiran 7. Pengujian kadar lumpur kerikil .....	95
Lampiran 8. Pengujian kadar lumpur tempurung kelapa sawit.....	96
Lampiran 9. Pengujian keausan kerikil.....	97
Lampiran 10. Pengujian keausan tempurung kelapa sawit .....	98
Lampiran 11. Pengujian gradasi pasir .....	99
Lampiran 12. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pasir .....	101
Lampiran 13. Pengujian berat isi pasir.....	103
Lampiran 14. Pengujian kadar air pasir .....	104
Lampiran 15. Pengujian kadar lumpur pasir .....	105
Lampiran 16. Perhitungan <i>mix design</i> .....	106
Lampiran 17. Hasil uji kuat lentur .....	112

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
A	[L]	Luas DTA, luas potongan melintang
P	[M]	Beban Maksimum
V	[L <sup>3</sup> ]	Volume
W	[M]	Berat
t	[L]	Tinggi
w/c	[-]	<i>Water ratio</i>
$f'c$	[M][L <sup>-2</sup> ]	Kuat Tekan
K	[ML <sup>-1</sup> ]	Kekakuan
$\delta$	[L]	Displacement

## DAFTAR SINGKATAN

CPO	: <i>Crude Palm Oil</i> / minyak nabati yang dihasilkan dari kelapa sawit
Kg	: <i>Kilograms</i>
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>
OPSC	: <i>Oil Palm Shell Concrete</i>
OPBCC	: <i>Oil Palm Boil Clinker Concrete</i>
OPS	: <i>Oil Palm Shell</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
MPa	: <i>Mega Pascal</i>
ACI	: <i>American Concrete Institute</i>
PKO	: <i>Palm Kernel Oil</i>
PCC	: <i>Portland Composite Cement</i>
ASTM	: <i>American Standard Testing Material</i>
CKS	: Cangkang Kelapa Sawit

## DAFTAR ISTILAH

1. *Mix Design*  
Merancang dan menentukan material dengan mutu tinggi agar menghasilkan beton dengan mutu yang sesuai rencana.
2. *Slump*  
Nilai pengujian untuk menentukan nilai kelecakan beton segar.
3. *Curing*  
Perawatan yang dilakukan guna mencegah keretakan pada beton akibat proses hidrasi.
4. *Optimum*  
Nilai terbaik yang digunakan dalam campuran
5. *Densitas (massa jenis)*  
Besarnya massa pada setiap satuan volume
6. *Displacement*  
Jarak dari suatu elemen bergerak dari lokasi awal