

TUGAS AKHIR

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

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



Fatha Ludfi Alfa'izun

20180110119

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

2022

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fatha Ludfi Alfa'izun
NIM : 20180110119
Judul : Pengaruh Pergantian Sebagian Agregat dengan Cangkang Kelapa Sawit pada Kuat Lentur Beton Serat 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, 22 April 2022

Yang membuat pernyataan



Fatha Ludfi Alfa'izun

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fatha Ludfi Alfa'izun

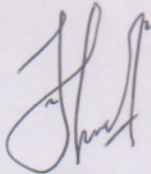
NIM : 20180110119

Judul : Pengaruh Pergantian Sebagian Agregat dengan Cangkang Kelapa Sawit pada Kuat Lentur Beton Serat Berkarat

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.

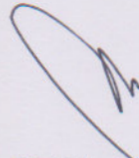
Yogyakarta, 22 April 2022

Penulis,



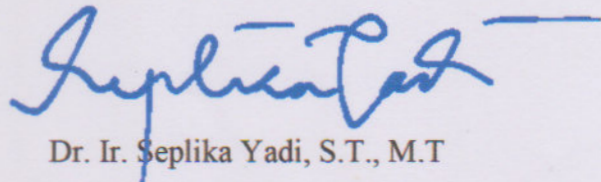
Fatha Ludfi Alfa'izun

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

Al-hamdu lillahi rabbil ‘alamin saya bersyukur kepada **Allah SWT** atas nikmat sehat, nikmat longgar serta hidayahnya sehingga saya dapat menjalani perkuliahan dengan lancar, aman, dan barokah serta pada akhirnya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

Kedua Orang Tua dan Keluarga

Al-hamdu lillahi Jazakumullahu Khairan atas segala do’a dan dukungannya serta nasihatnya selama ini baik berupa apa saja, terutama untuk bapak dan ibu sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Saya ucapkan terima kasih banyak untuk bapak selaku dosen pembimbing tugas akhir saya mulai dari bimbingannya, ilmunya, dan semuanya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Aliansi Sinobi (Lina, Firda, Nuriah, Aziz, Robi, Heru, Eki, Rikki, Luthvika, dandi)

Terima kasih banyak atas kekeluargaan kita selama ini dari awalnya tidak sengaja hingga tau kelebihan dan kekurangan masing-masing serta hampir selalu ada disaat senang maupun duka dan pada ahirnya kita akan mulai pergi ke jalan masing-masing.

Tim Tugas Akhir (Lina, Firda, Eki, Rikki, Robi, Mujadid, Rafli, Nida, Nisa)

Terima kasih banyak atas bantuan dan dukungan dari awal hingga selesainya tugas akhir ini.

Keluarga Kelas C TS 2018 dan Keluarga TS 2018

Terima kasih atas pertemanannya, mau direpotin, dukungannya dan do’anya selama perkuliahan ini. Semoga kita semua sukses dunia dan akhirat.

Teman KKN (Yaafi, Yogi, Firman, Kautsar, Hesti, Resti, Diva, Sekar, Vita, Sasa)

Terima kasih atas dukungannya selama ini.

Calon Pendamping Hidup

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 pergantian sebagian agregat dengan cangkang kelapa sawit pada kuat lentur beton serat 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:

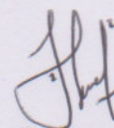
1. Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ir. As'at Pujianto, M.T., IPM selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Sumadi, selaku laboran yang sudah membantu selama penelitian.
5. Kedua Orang Tua, Saudara, dan Keluarga saya yang telah memberikan do'a serta dukungan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Sahabat dan teman yang sudah seperti keluarga selama kuliah yang selalu memberikan dukungan sehingga dapat 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, 22 April 2022



Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
DAFTAR ISTILAH	xix
ABSTRAK	xx
<i>ABSTRACT</i>	xxi
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. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Dasar Teori	23
2.2.1 Beton	23
2.2.2 Beton ringan	24
2.2.3 Beton serat.....	24
2.2.4 Bahan penyusun beton	24
2.2.5 Pemeriksaan agregat.....	26
2.2.6 <i>Fresh Properties</i>	29
2.2.7 <i>Hardened Properties</i>	30
2.2.8 Perawatan beton (<i>curing</i>).....	30

2.2.9	Umur beton	31
2.2.10	Korosi.....	31
2.2.11	<i>Density</i>	35
2.2.12	Uji Kuat Lentur	35
2.2.13	Daktilitas pada beton.....	38
2.2.14	Kekakuan pada beton	39
2.2.15	Defleksi pada beton.....	39
2.2.16	Keruntuhan Balok Beton.....	39
BAB III. METODE PENELITIAN.....		41
3.1	Materi Penelitian.....	41
3.2	Alat dan Bahan	41
3.2.1.	Alat.....	41
3.2.2.	Bahan.....	49
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	53
3.4	Tahapan Penelitian.....	53
3.4.1.	Studi Pustaka.....	55
3.4.2.	Persiapan Alat dan Bahan	56
3.4.3.	Pengujian Material	56
3.4.4.	<i>Mix Design</i> Beton.....	60
3.4.5.	Pembuatan Benda Uji.....	61
3.4.6.	Pengujian <i>Slump</i>	61
3.4.7.	<i>Density</i>	62
3.4.8.	Metode Curing	62
3.4.9.	Proses Korosi	62
3.4.10.	Pengujian Kuat Lentur Beton.....	63
3.4.11.	Hasil Uji Kuat Lentur Beton	64
3.5	Analisis Data.....	64
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		65
4.1	Pengujian pada Agregat Halus.....	65
4.1.1.	Pengujian Gradasi Butir	65
4.1.2.	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir	66
4.1.3.	Pengujian Berat Isi Pasir	66
4.1.4.	Pengujian Kadar Air Pasir.....	66
4.1.5.	Pengujian Kadar Lumpur Pasir	66
4.2	Pengujian pada Agregat Kasar.....	67
4.2.1.	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Kerikil	67

4.2.2.	Pengujian Berat Isi Kerikil.....	67
4.2.3.	Pengujian Kadar Air Kerikil	67
4.2.4.	Pengujian Kadar Lumpur Kerikil.....	67
4.2.5.	Pengujian Keausan Kerikil.....	67
4.3	Pengujian pada Cangkang Kelapa Sawit (CKS).....	68
4.3.1.	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air CKS.....	68
4.3.2.	Pengujian Berat Isi CKS	68
4.3.3.	Pengujian Kadar Air.....	68
4.3.4.	Pengujian Kadar Lumpur CKS	68
4.3.5.	Pengujian Keausan CKS	69
4.4	<i>Mix Design</i>	69
4.5	Uji <i>Slump</i> Beton.....	70
4.6	Densitas Beton	70
4.7	Proses Pengujian Korosi	74
4.8	Beban-Defleksi	78
4.9	Daktilitas.....	79
4.10	Kekakuan	81
4.11	Kuat Lentur Beton	82
4.12	Hubungan Densitas dan Kuat Lentur.....	83
4.13	Pola Keruntuhan	84
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		87
5.1	Kesimpulan.....	87
5.2	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA		xxii
LAMPIRAN.....		xxv

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur	6
Tabel 2.2 Nilai kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan modulus elastisitas pada tiap benda uji	8
Tabel 2.3 Kuat Tekan Bata Beton CKS	10
Tabel 2.4 Penyerapan Air dan Berat Jenis Bata Beton CKS.....	10
Tabel 2.5 Hasil uji kuat tekan beton.....	12
Tabel 2.6 Nilai kapasitas beban pada tiap benda uji	16
Tabel 2.7 Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan	18
Tabel 2.8 Lanjutan perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan	19
Tabel 2.9 Lanjutan perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan	20
Tabel 2.10 Lanjutan perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan	21
Tabel 2.11 Lanjutan perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan	22
Tabel 2.12 Lanjutan perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian yang saat ini dilakukan	23
Tabel 3.1 <i>Mix design</i> dengan variasi cangkang kelapa sawit	60
Tabel 4.1 Hasil pengujian pada agregat halus	66
Tabel 4.2 Hasil pengujian pada kerikil	68
Tabel 4.3 Hasil pengujian pada CKS	69
Tabel 4.4 Kebutuhan <i>mix design</i> per 1 m ³	69
Tabel 4.5 <i>Mix design</i> benda uji	70
Tabel 4.6 Hasil uji <i>slump</i> beton.....	70
Tabel 4.7 Nilai densitas beton sebelum dan sesudah korosi	71
Tabel 4.8 Perhitungan korosi menggunakan hukum <i>Faraday</i>	75
Tabel 4.9 Persentase kehilangan massa tiap tulangan.....	77
Tabel 4.10 Nilai beban-defleksi tiap benda uji.....	78
Tabel 4.11 Nilai daktilitas setiap benda uji	80
Tabel 4.12 Nilai kekakuan benda uji	81
Tabel 4.13 Hasil pengujian kuat lentur	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil uji tekan tiap benda uji	7
Gambar 2.2 Hasil kuat lentur tiap benda uji	7
Gambar 2.3 Hasil momen lentur tiap benda uji	8
Gambar 2.4 Kurva tegangan-regangan beton ringan tempurung kelapa.....	9
Gambar 2.5 Grafik Penyerapan Air dan Berat Jenis Bata Beton CKS	11
Gambar 2.6 Grafik hasil uji kuat tekan beton 28 hari	13
Gambar 2.7 Hasil kapasitas beban tiap benda uji berkarat pada persentase serat propilene 0%	14
Gambar 2.8 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 0%.....	14
Gambar 2.9 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 5%	15
Gambar 2.10 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 7%.....	15
Gambar 2.11 Hasil kapasitas beban benda uji dengan persentase korosi 9%	15
Gambar 2.12 Kuat lentur untuk batch beton seri-R.....	17
Gambar 2.13 Kuat lentur untuk batch beton seri-S	17
Gambar 2.14 Hubungan antara rugi penampang dan lebar retak	18
Gambar 2.15 Reaksi korosi pada tulangan (Broomfield, 2003)	33
Gambar 2.16 Proses pengikisan lapisan pasif oleh klorida	34
Gambar 2.17 Metode akselerasi korosi (Su dkk. , 2019)	34
Gambar 2.18 Grafik hubungan antara beban dengan <i>displacement</i> pada beton (Merriza dkk. , 2016)	36
Gambar 2.19 Skema pengujian kuat lentur dengan pembebanan terpusat	36
Gambar 2.20 Skema pengujian kuat lentur dengan dua titik pembebanan	37
Gambar 2.21 Lokasi retak berada di daerah pusat (1/3 bentang tengah)	38
Gambar 2.22 Lokasi retak berada di luar pusat (1/3 bentang tengah) dan garis patah <5% dari bentang.....	38
Gambar 2.23 Contoh kurva beban-defleksi (Kawasaki dkk. , 2014).....	39
Gambar 2.24 Keruntuhan lentur.....	40
Gambar 2.25 Keruntuhan tekan geser.....	40
Gambar 2. 26 Keruntuhan tarik diagonal.....	41
Gambar 3.1 Timbangan digital	41
Gambar 3.2 Ayakan.....	42
Gambar 3.3 <i>Mini concrete mixer</i>	42
Gambar 3.4 Kerucut <i>abrams</i>	43
Gambar 3.5 Batang penumbuk.....	43
Gambar 3.6 Alas baja	44
Gambar 3.7 Penggaris	44
Gambar 3.8 Cetakan benda uji	45
Gambar 3.9 Karung goni.....	45
Gambar 3.10 Kotak <i>styrofoam</i>	46
Gambar 3.11 Kawat bendrat.....	46
Gambar 3.12 <i>D.C Power supply</i>	46

Gambar 3.13 Sendok semen.....	47
Gambar 3.14 Nampan	47
Gambar 3.15 <i>Universal machine test</i>	48
Gambar 3.16 Mesin <i>los angeles</i>	48
Gambar 3.17 Oven	49
Gambar 3.18 <i>Sieve shaker</i>	49
Gambar 3.19 Agregat halus	50
Gambar 3.20 Agregat kasar.....	50
Gambar 3.21 Cangkang kelapa sawit	50
Gambar 3.22 Semen	51
Gambar 3.23 Air.....	51
Gambar 3.24 Besi.....	52
Gambar 3.25 <i>Sodium chloride</i> (NaCl).....	52
Gambar 3.26 Serat masker	52
Gambar 3.27 <i>Superplasticizer</i>	53
Gambar 3.28 Pengujian berat jenis dan penyerapan air	57
Gambar 3.29 Pengujian berat jenis dan penyerapan air	57
Gambar 3.30 Pengujian berat isi agregat	58
Gambar 3.31 Pengujian kadar air.....	58
Gambar 3.32 Pengujian gradasi butiran halus	59
Gambar 3.33 Pengujian keausan	59
Gambar 3.34 Pengujian kadar lumpur.....	60
Gambar 3.35 Dimensi benda uji yang digunakan	61
Gambar 3.36 Mengukur ketinggian nilai <i>slump</i>	61
Gambar 3.37 Penimbangan benda uji.....	62
Gambar 3.38 Proses <i>curing</i> beton	62
Gambar 3.39 Skema pengujian laju korosi	63
Gambar 3.40 Skema uji kuat lentur.....	63
Gambar 4.1 Grafik persen lolos kumulatif	65
Gambar 4.2 Grafik hasil daerah gradasi nomor 2	65
Gambar 4.3 Perbandingan densitas kering sebelum dan sesudah korosi	72
Gambar 4.4 Densitas rata-rata beton sebelum korosi.....	73
Gambar 4.5 Densitas rata-rata beton sesudah korosi	74
Gambar 4.6 Benda uji korosi 7% setelah dihancurkan (a) 0%A, (b) 0%B, dan (c) 0%C.....	75
Gambar 4.7 Benda uji korosi 7% setelah dihancurkan (a) 25%A, (b) 25%B, dan (c) 25%C	75
Gambar 4.8 Benda uji korosi 7% setelah dihancurkan (a) 50%A, (b) 50%B, dan (c) 50%C	76
Gambar 4.9 Benda uji korosi 7% setelah dihancurkan (a) 75%A, (b) 75%B, dan (c) 75%C.....	76
Gambar 4.10 Baja tulangan setelah korosi	77
Gambar 4.11 Grafik hubungan beban-defleksi	78
Gambar 4.12 Grafik nilai daktilitas pada setiap % CKS	80
Gambar 4.13 Grafik nilai kekakuan benda uji	82

Gambar 4.14 Grafik hasil pengujian kuat lentur	83
Gambar 4.15 Grafik hubungan densitas dengan kuat lentur.....	84
Gambar 4.16 Pola keruntuhan (a) 0%A, (b) 0%B, dan (c) 0%C	85
Gambar 4.17 Pola keruntuhan (a) 25%A, (b) 25%B, dan (c) 25%C	85
Gambar 4.18 Pola keruntuhan (a) 50%A, (b) 50%B, dan (c) 50%C.....	85
Gambar 4.19 Pola keruntuhan (a) 75%A, (b) 75%B, dan (c) 75%C	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air kerikil	xxv
Lampiran 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air cangkang kelapa sawit	xxvii
Lampiran 3. Pengujian berat isi kerikil	xxix
Lampiran 4. Pengujian berat isi cangkang kelapa sawit	xxx
Lampiran 5. Pengujian kadar air kerikil	xxxii
Lampiran 6. Pengujian kadar air cangkang kelapa sawit	xxxiii
Lampiran 7. Pengujian kadar lumpur kerikil	xxxiii
Lampiran 8. Pengujian kadar lumpur cangkang kelapa sawit	xxxiv
Lampiran 9. Pengujian keausan kerikil	xxxv
Lampiran 10. Pengujian keausan cangkang kelapa sawit	xxxvi
Lampiran 11. Pengujian gradasi pasir	xxxvii
Lampiran 12. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pasir	xxxix
Lampiran 13. Pengujian berat isi pasir	xli
Lampiran 14. Pengujian kadar air pasir	xlii
Lampiran 15. Pengujian kadar lumpur pasir	xliii
Lampiran 16. Perhitungan <i>mix design</i>	xliv
Lampiran 17. Hasil uji kuat lentur beton	xlvi

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
SM	: Serat Masker
MHB	: Modulus Halus Butir
SNI	: Standar Nasional Indonesia
BSN	: Badan Standar Nasional
PBI	: Peraturan Beton Bertulang Indonesia
OPS	: <i>Oil Palm Shell</i>
POC	: <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. ***Post Korosi***
Beton setelah *curing* selama 28 hari kemudian dilakukan proses korosi pada baja tulangan
9. ***Accelerated corrosion test***
Pengujian korosi dengan menggunakan alat bantu *DC* untuk mempercepat durasi korosi.