

TUGAS AKHIR
KUAT LENTUR BETON DENGAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI SUBSTITUSI
SEMEN

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



Disusun oleh:

Yanuar Zayu Perdana

20170110185

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2021

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yanuar Zayu Perdana
NIM : 20170110185
Judul : Kuat lentur beton dengan *bottom ash* sebagai substitusi
semen

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, ^{24 Juli}..... 2021

Yang membuat pernyataan



Yanuar Zayu Perdana

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Terima kasih kepada Fanny Monika, ST., M.Eng dan Hakas Prayuda, S.T., M.Eng yang telah memberi penulis bimbingan Tugas Akhir.

Terima kasih kepada bapak, mamah, dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan menjadi alasan untuk segera menyelesaikan tugas akhir.

Terima kasih kepada Intan Sekar Nagari selaku pacar penulis yang menjadi *support system* disaat penulis sedang *down*.

Terima kasih kepada tim : Agustin, Erwiena, Nia, Yolanda, Hilal, Adhi, Bagas, yang telah melalui tugas akhir dan berjuang bersama.

Terima kasih kepada sobat too soon vipercorp yang telah menemani penulis bermain PUBG dikala penulis sedang jenuh

Terimakasih kepada teman-teman Laboratorium Struktur yang membantu penulis saat melakukan pengujian di lab.

Terima kasih kepada teman-teman angkatan 2017 yang telah menemani penulis di semester akhir ini.

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang telah menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurah kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarja Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Judul dari penelitian ini adalah “Kuat tekan beton dengan *bottom ash* sebagai substitusi pengganti agregat”.

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 terimakasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusun tugas akhir ini kepada :

1. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D selaku ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
2. Fanny Monika, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir,
3. Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen penguji Tugas Akhir,
4. Orang tua yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini, dan
5. Semua pihak yang telah membantu sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

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, 24 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
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	2
1.3 Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1.1 Karakteristik <i>Bottom ash</i>	5
2.1.2 Pemeriksaan Properties Agregat Halus	11
2.1.3 Pemeriksaan Properties Agregat Kasar	12
2.1.4 Pemanfaatan <i>Bottom ash</i> pada Beton	13
2.1.5 Perawatan Beton (<i>Curing</i>)	14
2.2 Dasar Teori.....	15
2.2.1 Beton	15
2.2.2 Bahan Penyusun Beton.....	15
2.2.3 Pemeriksaan Karakteristik <i>Binder</i>	17
2.2.4 Pemeriksaan Agregat	18
2.2.5 Fresh Properties	20
2.2.6 Hardened Properties.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Materi Penelitian	24

3.2	Bahan Penelitian.....	25
3.3	Alat Penelitian.....	27
3.4	Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Material.....	30
3.4.1	Pengujian Agregat Halus.....	30
3.4.2	Pengujian Agregat Kasar.....	32
3.4.3	Pengujian <i>Bottom ash</i>	34
3.5	Mix Design.....	35
3.6	Pengujian Beton Segar	36
3.6.1	<i>Slump Test</i>	36
3.7	Prosedur Pencampuran Bahan	37
3.8	Pengujian Kuat Lentur	37
3.8.1	Kuat Lentur	37
3.8.2	Displacement	39
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1	Hasil Pengujian Sifat Bahan Penyusun Beton	40
4.2	Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir)	40
4.2.1	Pengujian Gradasi Butiran	40
4.2.2	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	41
4.2.3	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	42
4.2.4	Pengujian Berat Satuan Agregat Halus	42
4.2.5	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	42
4.3	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil).....	43
4.3.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	43
4.3.2	Pengujian Berat Satuan Agregat Kasar	43
4.3.3	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.....	43
4.3.4	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	43
4.3.5	Pengujian Keausan Agregat Kasar	44
4.4	Hasil Pengujian Binder	44
4.4.1	Hasil Pengujian <i>Bottom ash</i>	44
4.4.2	Pengujian SEM dan X-RD.....	44
4.5	Hasil Pengujian <i>Fresh Properties</i>	47
4.5.1	Pengujian Slump Test dan Slump Loss.....	47
4.6	Hasil Pengujian <i>Hardened Properties</i>	49

4.6.1	Pengujian Kuat Lentur Beton.....	49
4.6.2	Pengujian perubahan berat.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN.....		65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Chemical composition</i> pada <i>bottom ash</i>) (Wongkeo, dkk. 2012) (Siddique. 2013) (Singh, dkk. 2013).....	7
Tabel 2.2 Hasil pengujian agregat halus (pasir) Sungai Progo (Prayuda Dan Pujianto 2018) (Pratiwi 2016) (Ikhsan 2013).....	12
Tabel 2.3 Hasil pengujian agregat kasar dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. (Ervianto, dkk. 2016) (Prayuda Dan Pujianto 2018) (Pratama 2016)	13
Tabel 2.4 Hasil uji tekan (Suarnita, 2012)	13
Tabel 2.5 Komposisi campuran (Darwis, dkk., 2015)	14
Tabel 3.1 <i>Mix Design</i> per 1 Benda uji	35
Tabel 3.2 <i>Mix Design</i> per 12 benda uji	36
Tabel 3.2 <i>Mix Design</i> per 1 m ³	36
Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus	40
Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan agregat halus.....	42
Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar.....	44
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan <i>Scanning Electronic Microscopy</i> (SEM)	45
Tabel 4.5 Hasil pengujian kuat tekan beton 0% <i>bottom ash</i> metode <i>water curing</i>	49
Tabel 4.6 Hasil pengujian kuat tekan beton 10% <i>bottom ash</i> metode <i>water curing</i>	50
Tabel 4.7 Hasil pengujian kuat tekan beton 20% <i>bottom ash</i> metode <i>water curing</i>	51
Tabel 4.8 Hasil pengujian kuat tekan beton 30% <i>bottom ash</i> metode <i>water curing</i>	51
Tabel 4.9 Hasil pengujian kuat tekan beton 0% <i>bottom ash</i> metode <i>sealed curing</i>	52
Tabel 4.10 Hasil pengujian kuat tekan beton 10% <i>bottom ash</i> metode <i>sealed curing</i>	52
Tabel 4.11 Hasil pengujian kuat tekan beton 20% <i>bottom ash</i> metode <i>sealed curing</i>	53

Tabel 4.12 Hasil pengujian kuat tekan beton 30% <i>bottom ash</i> metode <i>sealed curing</i>	53
Tabel 4.13 Nilai <i>displacement</i> berdasarkan umur beton metode <i>water curing</i> ...	58
Tabel 4.14 Nilai <i>displacement</i> berdasarkan umur beton metode <i>sealed curing</i> .	58
Tabel 4.15 Perubahan berat benda uji metode <i>water curing</i>	59
Tabel 4.16 Perubahan berat benda uji metode <i>sealed curing</i>	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil Uji SEM pada <i>Bottom ash</i> (Meawed, dkk., 2010)	7
Gambar 2.2 Hasil Uji SEM pada <i>Bottom ash</i> (Singh dan Siddique, dkk., 2014)	8
Gambar 2.3 Hasil Uji SEM pada <i>Bottom ash</i> oleh (Singh dan Siddique, (2014)	9
Gambar 2.4 Hasil Uji X-RD (Singh dan Siddique dkk., (2014)	9
Gambar 2.5 Hasil Uji X-RD (Wongkeo, dkk., 2014)	10
Gambar 2.6 Hasil Uji X-RD (Singh dan Siddique, (2014)	11
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian	24
Gambar 3.2 Bahan-bahan penelitian : (a) kerikil; (b) pasir; (c) semen; (d) <i>bottom ash</i> ; (e) <i>silica fume</i> ; (f) <i>superplastisizer</i> ; (g) air.....	26
Gambar 3.3 Peralatan penelitian : (a) Mesin <i>Los Angeles</i> ; (b) <i>Mixer Concrete</i> ; (c) <i>Compression testing machine</i> ; (d) Oven; (e) Kerucut abrams.	28
Gambar 3.4 Alat-alat tambahan : (a) Saringan; (b) Timbangan; (c) Gelas ukur; (d) Cetok dan sekop; (e) Cetakan beton; (f) wadah; (g) Kaliper ..	29
Gambar 3.5 Alat uji SEM.	34
Gambar 3.6 Alat uji X-RD	35
Gambar 3.7 Bagian-bagian mesin uji kuat lentur.....	38
Gambar 3.8 Sketsa pengujian kuat lentur beton.	39
Gambar 4.1 Hubungan berat lolos kumulatif dan ukuran saringan	40
Gambar 4.2 Hubungan berat lolos kumulatif dan ukuran saringan (Daerah 2)....	40
Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian X-RD <i>bottom ash</i>	44
Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian X-RD <i>silica fume</i>	45
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian X-RD semen	45
Gambar 4.6 Hasil Pengujian SEM <i>bottom ash</i>	46
Gambar 4.7 Hasil Pengujian SEM semen	47

Gambar 4.8 Hasil Pengujian SEM <i>silica fume</i>	47
Gambar 4.9 Hasil pengujian <i>Slump Test</i>	47
Gambar 4.10 Hubungan nilai <i>slump</i> dan variasi <i>bottom ash</i>	48
Gambar 4.11 Hubungan nilai <i>slump loss</i> dan kadar <i>bottom ash</i>	49
Gambar 4.12 Hasil uji kuat lentur dengan variasi persentase <i>bottom ash</i> umur 3, 7 dan 28 hari (<i>water curing</i>)	52
Gambar 4.13 Hasil uji kuat lentur dengan variasi persentase <i>bottom ash</i> umur 3, 7 dan 28 hari (<i>sealed curing</i>).....	54
Gambar 4.14 Hubungan hasil uji kuat lentur umur 3 hari dengan variasi <i>bottom ash</i>	55
Gambar 4.15 Hubungan hasil uji kuat lentur umur 7 hari dengan variasi <i>bottom ash</i>	55
Gambar 4.16 Hubungan hasil uji kuat lentur umur 28 hari dengan variasi <i>bottom ash</i>	56
Gambar 4.17 Beton diletakan pada mesin uji	57
Gambar 4.18 Beton setelah diuji.....	57
Gambar 4.19 Hubungan <i>displacement</i> , variasi <i>bottom ash</i> dan umur benda uji dengan metode <i>water curing</i>	58
Gambar 4.20 Hubungan <i>displacement</i> , variasi <i>bottom ash</i> dan umur benda uji dengan metode <i>sealed curing</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian gradasi agregat halus	65
Lampiran 2. Pengujian kadar air agregat halus	67
Lampiran 3. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	68
Lampiran 4. Pengujian berat satuan agregat halus	70
Lampiran 5. Pengujian kadar lumpur agregat halus	71
Lampiran 6. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	72
Lampiran 7. Pengujian berat satuan agregat kasar	74
Lampiran 8. Pengujian kadar air agregat kasar	75
Lampiran 9. Pengujian kadar lumpur agregat kasar	76
Lampiran 10. Pengujian keausan agregat kasar	77
Lampiran 11. Pengujian gradasi <i>bottom ash</i>	78
Lampiran 12. Hasil pengujian SEM dan XRD.....	80
Lampiran 13. Alat pemeriksaan bahan penyusun beton	83
Lampiran 14. Alat pemeriksaan sifat segar beton.....	85
Lampiran 15. Alat pembuatan benda uji	86
Lampiran 16. Bahan penyusun beton.....	88
Lampiran 17. Proses pengujian beton segar	91
Lampiran 18. Proses pembuatan benda uji	92
Lampiran 19. Hasil pengujian kuat lentur.....	93
Lampiran 20. Form pengujian kuat lentur.....	96

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
B1	[g]	berat pasir kering sebelum dicuci
B2	[g]	berat pasir kering setelah dicuci
W1	[g]	berat wadah
W2	[g]	berat pasir dengan wadah
W3	[g]	berat benda uji
W4	[g]	berat pasir setelah dikeringkan
W5	[g]	berat kadar air
P	[kg]	gaya tekan aksial
A	[cm ²]	luas penampang melintang
w/c	[-]	<i>water ratio</i>
SP	[-]	<i>Superplasticizier</i>
D	[L]	diameter benda uji
L	[L]	panjang benda uji
Fc'	[M] [L] ⁻²	Kuat tekan

DAFTAR SINGKATAN

ACI	: <i>American Concrete Institute</i>
BSN	: Badan Standardisasi Nasional
DPU	: Dinas Pekerjaan Umum
SNI	: Standar Nasional Indonesia
WC	: <i>Water Curing</i>
SC	: <i>Sealed Curing</i>

DAFTAR ISTILAH

1. *Workability*
kemudahan dalam mengerjakan beton.
2. Variasi
penampakan dari sifat tertentu yang menyebabkan satu organisme berbeda dengan organisme lain dalam satu jenis.
3. *Fresh properties*
Istilah dalam bahasa inggris yang menyebutkan kondidi beton yng masih segar.
4. *Hardened properties*
5. *Admixture*
Bahan tambah campuran beton.
6. *Superplasticizer*
Bahan tambah berupa cairan kimia