

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH *BOTTOM ASH* SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS**  
**TERHADAP KUAT LENTUR BETON**

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



Nia Selvia Paramian

20170110233

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2021

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nia Selvia Paramian

NIM : 20170110233

Judul : Pengaruh *Bottom Ash* Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Lentur Beton

Menyatakan yang 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, 17 April 2021

Yang membuat pernyataan



Nia Selvia Paramian

## 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 papa dan mama yang selalu memberikan dukungan moril dan materil, kakak dan adik penulis Mas doni, Adik Elsie dan keluarga lainnya yang telah memberikan dukungan dan menjadi alasan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya.

Terima kasih kepada tim: Erwiena, Sinta, Yolanda, Adhi, Bagas, Zayu, dan Hilal yang telah berjuang bersama menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih kepada sahabat penulis dari SMA hingga saat ini: Yolanda, Ferzu yang selalu menemani penulis melalui masa-masa kuliah saat sedih maupun bahagianya dan Terima kasih selalu mengajak penulis untuk jalan-jalan dikala lelah dengan tugas kuliah.

Terima kasih kepada teman-teman penulis kelas E Teknik Sipil 2017: Dara, Stefani, Nazla, Wahyu, Irvan dan rekan-rekan kelas E lainnya yang sudah menemani penulis selama masa-masa kuliah *offline* sebelum adanya *covid-19*.

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

## PRAKATA

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur bagi Allah SWT, Tuhan Yang Mahakuasa atas segala sesuatu di langit dan bumi. sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabat beliau.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Tugas akhir ini merupakan penelitian tentang Pengaruh *Bottom Ash* Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Lentur Beton. Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun mendapat bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu, Penulis menyampaikan terima kasih kepada

- a. Ibu Fanny Monika, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
- b. Bapak Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- c. Ir. Asat Pujianto, M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan perbaikan dan masukan pada naskah Tugas Akhir.
- d. Semua pihak yang telah membantu membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Alhamdulillah setelah segala kemampuan yang diiringi dengan doa, akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik atas ridho Allah SWT. Penulis meyakini bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran sangat diperlukan untuk perbaikan laporan berikutnya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 17 April 2021



Penulis

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERYATAAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
ABSTRAK.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Lingkup Penelitian .....	4
1.4. Tujuan Penelitian .....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	7
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.1.1 <i>Bottom ash</i> .....	7
2.1.2 Pemeriksaan Properties Agregat Halus.....	12
2.1.3 Pemeriksaan Properties Agregat Kasar.....	13
2.1.4 Pemanfaatan <i>Bottom ash</i> pada Beton.....	13
2.1.5 Perawatan Beton ( <i>Curing</i> ) .....	18
2.2 Dasar Teori.....	20
2.2.1 Beton .....	20
2.2.2 Bahan Penyusun Beton .....	20
2.2.3 Pemeriksaan Karakteristik <i>Binder</i> .....	23

2.2.4	Pemeriksaan Agregat .....	24
2.2.5	Fresh Properties .....	26
2.2.6	Hardened Properties.....	27
BAB III. METODE PENELITIAN.....		31
3.1	Materi Penelitian .....	31
3.2	Bahan Penelitian.....	32
3.3	Alat Penelitian.....	34
3.4	Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Material.....	37
3.4.1	Pengujian Agregat Halus .....	37
3.4.2	Pengujian Agregat Kasar .....	39
3.4.3	Pengujian <i>Bottom ash</i> .....	41
3.5	Mix Design.....	42
3.6	Pengujian Beton Segar .....	43
3.6.1	<i>Slump Test</i> (BSN, 2008) .....	43
3.7	Prosedur Pencampuran Bahan (BSN, 2011) .....	44
3.8	Perawatan Beton ( <i>Curing</i> ).....	44
3.9	Pengujian Kuat Lentur .....	44
3.9.1	Kuat Lentur .....	44
3.9.2	Displacement .....	45
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		46
4.1	Hasil Pengujian Sifat Bahan Penyusun Beton .....	46
4.2	Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir) .....	46
4.2.1	Pengujian Gradasi Butiran .....	46
4.2.2	Pengujian Kadar Air Agregat Halus .....	48
4.2.3	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air .....	48
4.2.4	Pengujian Berat Satuan Agregat Halus.....	48
4.2.5	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	49
4.3	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil).....	49
4.3.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	49
4.3.2	Pengujian Berat Satuan Agregat Kasar.....	50
4.3.3	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar .....	50
4.3.4	Pengujian Keausan Agregat Kasar .....	51

4.4	Hasil Pengujian <i>Bottom ash</i> .....	51
4.4.1	Pengujian Gradasi Butiran .....	51
4.4.3	Gradasi Gabungan Pasir dan <i>Bottom ash</i> .....	52
4.4.3	Pengujian SEM dan X-RD.....	54
4.5	Hasil Pengujian <i>Fresh Properties</i> .....	56
4.5.1	Pengujian <i>Slump Test</i> dan <i>Slump Loss</i> .....	56
4.6	Hasil Pengujian <i>Hardened Properties</i> .....	57
4.6.1	Pengujian Kuat Lentur Beton .....	57
4.6.2	Pengujian Perubahan Berat.....	68
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		70
5.1	Kesimpulan .....	70
5.2	Saran.....	71
LAMPIRAN .....		72
DAFTAR PUSTAKA .....		xviii

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Chemical composition</i> pada <i>bottom ash</i> .....	9
Tabel 2.2 Hasil pengujian agregat halus (pasir) Sungai Progo .....	12
Tabel 2.2 Hasil pengujian agregat halus (pasir) Sungai Progo (Lanjutan) .....	13
Tabel 2.3 Hasil pengujian agregat kasar dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta (Ervianto dkk., 2016) .....	13
Tabel 2.4 Data perkembangan kuat tarik dan modulus elastisitas beton (Singh dan Siddique, 2016) .....	14
Tabel 3.1 <i>Mix Design</i> per 1m <sup>3</sup> .....	42
Tabel 3.2 <i>Mix Design</i> per 1 benda uji balok .....	43
Tabel 3.3 <i>Mix Design</i> per 12 benda uji balok .....	43
Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus .....	46
Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus (Lanjutan) .....	47
Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan agregat halus.....	49
Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan agregat halus.....	51
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan gradasi pada <i>bottom ash</i> .....	52
Tabel 4.5 Spesifikasi campuran .....	53
Tabel 4.6 Rencana Campuran .....	53
Tabel 4.5 Data hasil pengujian X-RD binder.....	54
Tabel 4.6 Hasil uji kuat lentur beton variasi <i>bottom ash</i> 0% dengan <i>water curing</i> .....	58
Tabel 4.7 Hasil uji kuat lentur beton variasi <i>bottom ash</i> 30% dengan <i>water curing</i> .....	59
Tabel 4.8 Hasil uji kuat lentur beton variasi <i>bottom ash</i> 40% dengan <i>water curing</i> .....	59
Tabel 4.9 Hasil uji kuat lentur beton variasi <i>bottom ash</i> 50% dengan <i>water curing</i> .....	60
Tabel 4.10 Hasil uji kuat lentur beton variasi <i>bottom ash</i> 0% dengan <i>sealed curing</i> .....	61
Tabel 4.11 Hasil uji kuat lentur beton variasi <i>bottom ash</i> 30% dengan <i>sealed curing</i> .....	61
Tabel 4.12 Hasil uji kuat lentur beton variasi <i>bottom ash</i> 40% dengan <i>sealed curing</i> .....	62



Tabel 4.13 Hasil uji kuat lentur beton variasi <i>bottom ash</i> 50% dengan <i>sealed curing</i> .....	62
Tabel 4.14 Nilai <i>displacement</i> berdasarkan kuat lentur dan umur beton metode <i>water curing</i> .....	67
Tabel 4.15 Nilai <i>displacement</i> berdasarkan kuat lentur dan umur beton metode <i>sealed curing</i> .....	67
Tabel 4.16 Perubahan berat benda uji <i>water curing</i> .....	68
Tabel 4.17 Perubahan berat benda uji <i>sealed curing</i> .....	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil Uji SEM pada <i>Bottom ash</i> (Wongsa dkk., 2016).....	9
Gambar 2.2 Hasil uji X-RD (Wongsa dkk., 2016).....	10
Gambar 2.3 Hasil Uji SEM pada <i>Bottom ash</i> (Aggarwal dan Siddique, 2014)...	10
Gambar 2.4 Hasil Uji SEM pada <i>Bottom ash</i> (Singh dan Siddique, 2016) .....	11
Gambar 2.5 Hasil pengujian gradasi pasir dan <i>Bottom ash</i> (Singh dan Siddique, 2016) .....	11
Gambar 2.6 Hasil uji kuat tarik (Singh dan Siddique, 2013) .....	14
Gambar 2.7 Hasil uji kuat lentur (Singh dan Siddique, 2013) .....	15
Gambar 2.8 Target <i>slump</i> (Singh dan Siddique, 2013).....	15
Gambar 2.9 Hubungan nilai <i>slump</i> dengan variasi <i>bottom ash</i> (Singh dan Siddique, 2016).....	16
Gambar 2.10 Hubungan nilai <i>slump</i> dengan variasi <i>bottom ash</i> (Wongsa dkk., 2016) .....	16
Gambar 2.11 Hubungan <i>density</i> dan variasi <i>bottom ash</i> (Singh dan Siddique, 2016) .....	17
Gambar 2.12 Hubungan perubahan berat, variasi <i>bottom ash</i> dan larutan tambahan (Wongsa dkk., 2016).....	17
Gambar 2.13 Hasil uji kuat tekan dengan berbagai metode <i>curing</i> (Angjaya dkk., 2013) .....	18
Gambar 3.2 bahan-bahan penelitian: (a) kerikil; (b) pasir; (c) semen; (d) <i>bottom ash</i> ; (e) <i>sillica fume</i> ; (f) <i>superplasticizer</i> ; (g) air. ....	33
Gambar 3.3 peralatan penelitian : (a) Mesin <i>Los Angeles</i> ; (b) <i>Concrete mixer</i> ; (c) <i>Compression testing machine</i> ; (d) Oven; (e) Kerucut <i>abrams</i> ; (f) Plastik.....	35
Gambar 3.4 alat-alat tambahan : (a) saringan; (b) timbangan; (c) gelar ukur; (d) sekop; (e) silinder kecil; (f) caliper .....	36
Gambar 3.2 Sketsa pengujian kuat lentur beton.....	45
Gambar 4.1 Hubungan berat lolos kumulatif dan ukuran saringan .....	47
Gambar 4.2 Hubungan berat lolos kumulatif dan ukuran saringan (Daerah 2) ....	47
Gambar 4.3 Hubungan berat lolos kumulatif dan ukuran saringan .....	52
Gambar 4.4 Gradasi gabungan.....	53
Gambar 4.4 Hasil pengujian X-RD <i>bottom ash</i> .....	55

Gambar 4.5 Hasil pengujian X-RD <i>sillica fume</i> .....	55
Gambar 4.7 Hasil pengujian SEM, (a) <i>bottom ash</i> , (b) <i>sillica fume</i> .....	56
Gambar 4.8 Hubungan nilai <i>slump</i> dan variasi <i>bottom ash</i> .....	57
Gambar 4.9 Hubungan nilai <i>slump loss</i> dan kadar <i>bottom ash</i> .....	57
Gambar 4.10 Hasil uji kuat lentur dengan variasi persentase <i>bottom ash</i> umur 3, 7 dan 28 hari .....	60
Gambar 4.11 Hasil uji kuat lentur dengan variasi persentase <i>bottom ash</i> umur 3, 7 dan 28 hari metode perawatan <i>sealed curing</i> .....	63
Gambar 4.12 Perbandingan hasil uji kuat lentur umur 28 hari <i>seled</i> dan <i>water curing</i> .....	64
Gambar 4.13 Hubungan hasil uji kuat lentur umur 3 hari dan variasi <i>bottom ash</i> dengan <i>water</i> dan <i>sealed curing</i> .....	64
Gambar 4.14 Hubungan hasil uji kuat lentur umur 28 hari dan variasi <i>bottom ash</i> dengan <i>water</i> dan <i>sealed curing</i> .....	65
Gambar 4.15 Beton diletakkan di mesin uji .....	66
Gambar 4.16 Beton setelah diuji .....	66
Gambar 4.17 Hubungan <i>displacement</i> , variasi <i>bottom ash</i> dan umur benda uji metode <i>water curing</i> .....	67
Gambar 4.17 Hubungan <i>displacement</i> , variasi <i>bottom ash</i> dan umur benda uji metode <i>sealed curing</i> .....	68
Gambar 4.18 Hasil pengujian perubahan berat metode <i>water curing</i> .....	69
Gambar 4.19 Hasil pengujian perubahan berat metode <i>sealed curing</i> .....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian gradasi agregat halus .....	72
Lampiran 2. Pengujian kadar air agregat halus .....	74
Lampiran 3. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus .....	75
Lampiran 4. Pengujian berat satuan agregat halus.....	77
Lampiran 5. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....	78
Lampiran 6. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar .....	79
Lampiran 7. Pengujian berat satuan agregat kasar.....	81
Lampiran 8. Pengujian kadar air agregat kasar .....	82
Lampiran 9. Pengujian kadar lumpur agregat kasar.....	83
Lampiran 10. Pengujian keausan agregat kasar .....	84
Lampiran 11. Pengujian gradasi <i>bottom ash</i> .....	85
Lampiran 12. Hasil pengujian SEM dan XR-D .....	87
Lampiran 13. Alat pemeriksaan bahan penyusun beton .....	90
Lampiran 14. Alat pemeriksaan beton segar.....	92
Lampiran 16. Bahan penyusun beton.....	95
Lampiran 17. Proses pembuatan benda uji .....	98
Lampiran 18. Proses pengujian beton segar ( <i>fresh properties</i> ).....	99
Lampiran 19. Pengujian kuat tekan beton.....	100
Lampiran 20. Pengujian kuat lentur beton .....	101
Lampiran 21. Form hasil pengujian kuat lentur .....	103

## 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 <sup>2</sup> ]	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] <sup>-2</sup>	Kuat tekan

## DAFTAR SINGKATAN

ACI	: <i>American Concrete Institute</i>
ASTM	: <i>American Standard Testing and Materia</i>
BSN	: Badan Standardisasi Nasional
SNI	: Standar Nasional Indonesia