



LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH METODE PERLAKUAN AWAL *BOTTOM ASH*
SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS
TERHADAP KINERJA BETON NORMAL**

Oleh:

Panjang Urifah	40030520650067
Faizah Rahmadiyah	40030520650105

Diajukan sebagai
Salah satu syarat dalam menyelesaikan Sarjana Terapan
Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur
Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
DAN PERANCANGAN ARSITEKTUR
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO
TAHUN 2026**

HALAMAN PENGESAHAN



LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH METODE PERLAKUAN AWAL *BOTTOM ASH*
SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS
TERHADAP KINERJA BETON NORMAL**

Oleh:

Panjang Urifah	40030522650067
Faizah Rahmaniya	40030522650105


Laporan ini telah disusun berdasarkan masukan dari pembimbing dan dinyatakan dapat diajukan untuk ujian tugas akhir pada tanggal 17 Juni 2026


Semarang, 17 Juni 2026

Menyetujui

Pembimbing I


Pembimbing II


Ir. Tri Susanto, S.T., M.T.
NIP. 199106162024061001


Asri Nurdiana, S.T., M.T.
NIP. 198512092012122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur


Asri Nurdiana, S.T., M.T.
NIP. 198512092012122001



LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH METODE PERLAKUAN AWAL *BOTTOM ASH* SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS TERHADAP KINERJA BETON NORMAL

Oleh:

Panjang Urifah 40030522650067

Faizah Rahmaniya 40030522650105

Laporan ini telah diperbaiki dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi saat pelaksanaan ujian tugas akhir pada tanggal 22 Juni 2026


Semarang, 23 Juni 2026

Mahasiswa I




Panjang Urifah
NIM. 40030522650067

Mahasiswa II



Faizah Rahmaniya
NIM. 40030522650105

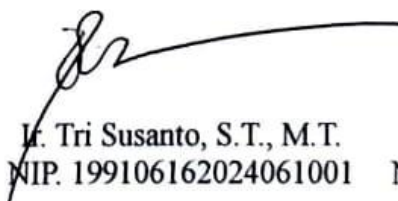
Penguji I



Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198903212015042002


Menyetujui,

Penguji II



Ir. Tri Susanto, S.T., M.T.
NIP. 199106162024061001

Penguji III



Asri Nurdiana, S.T., M.T.
NIP. 198512092012122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur



Asri Nurdiana, S.T., M.T.
NIP. 198512092012122001

ABSTRAK

Bottom ash merupakan limbah industri yang berpotensi dimanfaatkan sebagai material alternatif dalam campuran beton, khususnya sebagai substitusi parsial agregat halus. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh metode perlakuan awal *bottom ash* terhadap kuat tekan beton normal serta implikasinya terhadap biaya material beton. *Bottom ash* digunakan sebagai substitusi agregat halus sebesar 10% dengan variasi perlakuan awal, yaitu kondisi alami (BA-A), kering udara (BA-U), kering sangrai (BA-S), dan kering oven (BA-O). Beton dirancang dengan kuat tekan rencana sebesar 20 MPa dan diuji kuat tekannya pada umur 7 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode perlakuan awal *bottom ash* berpengaruh terhadap kuat tekan beton, di mana perlakuan pengeringan mampu meningkatkan kuat tekan dibandingkan kondisi alami. Kuat tekan tertinggi pada umur 7 hari diperoleh pada variasi *bottom ash* kering oven sebesar 17,21 MPa, dan pada umur 28 hari mencapai 26,27 MPa. Dari sisi ekonomi, analisis biaya material beton per 1 m³ menunjukkan bahwa beton normal memiliki biaya sebesar Rp 1.691.757,09, sedangkan beton dengan substitusi *bottom ash* lebih rendah, yaitu berkisar antara Rp 1.660.607,78 hingga Rp 1.662.639,99. Dengan demikian, penggunaan *bottom ash* sebagai substitusi agregat halus mampu meningkatkan efisiensi biaya material beton hingga 1,84% dibandingkan beton normal.

Kata kunci: *bottom ash*, perlakuan awal, kuat tekan beton, agregat halus, analisis biaya.

ABSTRACT

Bottom ash is an industrial waste material with potential to be utilized as an alternative material in concrete mixtures, particularly as a partial replacement for fine aggregate. This study aims to evaluate the effect of bottom ash pre-treatment methods on the compressive strength of normal concrete and its implications for material cost efficiency. Bottom ash was used as a 10% replacement of fine aggregate with four pre-treatment conditions: untreated (BA-A), air-dried (BA-U), roasted-dried (BA-S), and oven-dried (BA-O). The concrete was designed with a target compressive strength of 20 MPa and tested at the ages of 7 and 28 days. The results indicate that bottom ash pre-treatment significantly affects the compressive strength of concrete, where drying treatments improve strength compared to the untreated condition. The highest compressive strength at 7 days was obtained from oven-dried bottom ash, reaching 17.21 MPa, and increased to 26.27 MPa at 28 days. From an economic perspective, material cost analysis per 1 m³ shows that normal concrete costs Rp 1.691.757,09, while concrete incorporating bottom ash exhibits lower costs ranging from Rp 1.660.607,78 to Rp 1.662.639,99. Therefore, the use of bottom ash as a partial replacement for fine aggregate improves material cost efficiency by up to 1,84% compared to conventional concrete.

Keywords: *bottom ash, pre-treatment method, compressive strength, fine aggregate replacement, cost analysis.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Metode Perlakuan Awal *Bottom Ash* sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus terhadap Kinerja Beton Normal”. Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa proses penelitian dan penulisan tidak terlepas dari berbagai kendala dan keterbatasan. Namun, berkat bimbingan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta’ala, atas segala rahmat, petunjuk, dan kemudahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak Ir. Tri Susanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta koreksi yang sangat berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Asri Nurdiana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, motivasi, serta masukan yang bersifat membangun sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi yang telah memberikan ilmu pengetahuan, fasilitas, serta dukungan selama penulis menempuh pendidikan.
5. Pihak laboratorium yang telah memberikan bantuan serta fasilitas dalam pelaksanaan pengujian material dan beton pada penelitian ini.
6. Kedua orang tua penulis, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, kasih sayang, serta motivasi tanpa henti selama penulis menempuh pendidikan hingga penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan dan rekan-rekan mahasiswa Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

angkatan 2022, yang telah memberikan dukungan, kebersamaan, serta bantuan selama proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir.

8. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki berbagai keterbatasan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai upaya penyempurnaan di masa yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Sipil.

Semarang, 23 Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Maksud dan Tujuan	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Beton	9
2.1.1 Agregat Halus (Pasir)	9
2.1.2 <i>Portland Cemen</i> (PC)	9
2.1.3 Air	10
2.1.4 Agregat Kasar (Kerikil)	11
2.1.5 <i>Bottom Ash</i>	11
2.2 Persyaratan Beton	13
2.2.1 Kuat Tekan Beton	14
2.2.2 Kriteria Penerimaan Beton	15
2.3 Penelitian Terdahulu	16
2.4 Analisis Perbandingan Kondisi Aktual	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Metode Pelaksanaan	20
3.2 Alur Penelitian (Diagram Alir)	20
3.3 Persiapan Alat dan Bahan	22

3.3.1	Alat.....	22
3.3.2	Bahan.....	27
3.4	Perlakuan Awal <i>Bottom Ash</i>	28
3.5	Pengujian Material	30
3.5.1	Pengujian Agregat Halus.....	30
3.5.2	Pengujian <i>Bottom Ash</i>	38
3.5.3	Pengujian Agregat Kasar.....	43
3.6	Perancangan Campuran Beton (<i>Job Mix Design</i>)	49
3.7	Pembuatan Benda Uji (Beton)	52
3.8	Perawatan Benda Uji.....	53
3.9	Pengujian Benda Uji	53
3.9.1	Pengujian <i>Slump</i>	53
3.9.2	Pengujian Kuat Tekan	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		58
4.1	Analisis Pengujian Material	58
4.1.1	Hasil Pengujian Agregat Halus	58
4.1.2	Hasil Pengujian <i>Bottom Ash</i>	62
4.1.3	Hasil Pengujian Agregat Kasar	68
4.2	Hasil Uji Kelayakan Material.....	71
4.3	Perhitungan Campuran Beton (<i>Job Mix Design</i>)	73
4.4	Hasil Pengujian Benda Uji Beton	74
4.4.1	Hasil Pengujian <i>Slump Test</i>	74
4.4.2	Pemeriksaan Kondisi Fisik.....	76
4.4.3	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	79
4.5	Analisa Biaya	84
BAB V PENUTUP		87
5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....		89
LAMPIRAN.....		93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3.2. Satu Set Saringan	23
Gambar 3.3. <i>Shieve Shaker</i>	23
Gambar 3.4. Timbangan Manual.....	23
Gambar 3.5. Timbangan Digital.....	23
Gambar 3.6. Oven	24
Gambar 3.7. <i>Mixer</i>	24
Gambar 3.8. <i>Compression Test</i>	24
Gambar 3.9. Cetakan Silinder	25
Gambar 3.10. Piknometer	25
Gambar 3.11. Kompor dan Wajan.....	25
Gambar 3.12. Gelas Ukur.....	25
Gambar 3.13. Loyang.....	26
Gambar 3.14. Sendok Semen.....	26
Gambar 3.15. Mangkok <i>Stainless</i>	26
Gambar 3.16. Meteran.....	26
Gambar 3.17. Bak Perendaman.....	26
Gambar 3.18. Air.....	27
Gambar 3.19. Semen.....	27
Gambar 3.20. Agregat Halus.....	27
Gambar 3.21. Agregat Kasar	28
Gambar 3.22. <i>Bottom Ash</i>	28
Gambar 3.23. <i>Bottom Ash</i> Alami.....	28
Gambar 3.24. <i>Bottom Ash</i> Kering Udara	29
Gambar 3.25. <i>Bottom Ash</i> Kering Sangrai	29
Gambar 3.26. <i>Bottom Ash</i> Kering Oven.....	30
Gambar 3.27. Pengeringan Pasir dalam Oven	31
Gambar 3.28. Timbang Pasir Kering Oven.....	31
Gambar 3.29. Pasang Satu Set Saringan ke <i>Sieve Shaker</i>	31

Gambar 3.30. Menyiapkan Gelas Ukur dan Pasir.....	32
Gambar 3.31. Hasil Gelas Ukur setelah Didiamkan 24 Jam.....	32
Gambar 3.32. Menghitung Total Tinggi Endapan.....	33
Gambar 3.33. Menyiapkan Pasir Kondisi Lapangan	33
Gambar 3.34. Masukkan Pasir dalam Oven.....	34
Gambar 3.35. Menimbang Pasir Setelah Kering Oven	34
Gambar 3.36. Memastikan Pasir dalam Kondisi SSD	35
Gambar 3.37. Menimbang Piknometer Berisi Air	36
Gambar 3.38. Memasukkan Pasir ke dalam Piknometer	36
Gambar 3.39. Memasukkan Air ke dalam Piknometer	36
Gambar 3.40. Diamkan Piknometer selama 24 jam.....	37
Gambar 3.41. Menimbang Pasir Kering Oven Hasil Penyerapan.....	37
Gambar 3.42. <i>Bottom Ash</i> Dikeringkan dalam Oven.....	38
Gambar 3.43. Menimbang Ulang <i>Bottom Ash</i>	38
Gambar 3.44. Menyusun Saringan Uji Gradasi <i>Bottom Ash</i>	38
Gambar 3.45. Memasang Satu Set Saringan.....	39
Gambar 3.46. Memasukkan <i>Bottom Ash</i> dalam Gelas Ukur.....	39
Gambar 3.47. Memberikan Air Secukupnya ke Gelas Ukur.....	40
Gambar 3.48. Mengocok Gelas Ukur	40
Gambar 3.49. Mendinginkan Gelas Ukur	40
Gambar 3.50. Menimbang Kerikil Kondisi Lapangan.....	41
Gambar 3.51. Menimbang Kerikil Setelah Kering Oven.....	41
Gambar 3.52. Menyiapkan Alat Piknometer.....	42
Gambar 3.53. Memasukkan Air ke dalam Piknometer	42
Gambar 3.54. Masukkan <i>Bottom Ash</i> ke dalam Piknometer.....	42
Gambar 3.55. Menimbang Piknometer Setelah di Diamkan.....	43
Gambar 3.56. Masukkan Kerikil ke dalam Oven.....	44
Gambar 3.57. Menimbang Ulang Kerikil Uji Gradasi Kerikil.....	44
Gambar 3.58. Pasang Satu Set Saringan Kerikil.....	44
Gambar 3.59. Menimbang Kerikil dalam Kondisi Lapangan	45
Gambar 3.60. Menimbang Kerikil Setelah Kering Oven.....	45
Gambar 3.61. Rendam Kerikil dalam Air	46

Gambar 3.62. Mengelap Satu Persatu Kerikil.....	46
Gambar 3.63. Masukkan Kerikil ke dalam Keranjang.....	46
Gambar 3.64. Menimbang Kerikil Didalam Air	46
Gambar 3.65. Oven Lalu Dinginkan Dengan <i>Desicator</i>	47
Gambar 3.66. Pastikan Mesin <i>Los Angeles</i> Dalam Keadan Baik.....	48
Gambar 3.67. Menimbang Kerikil yang Diuji	48
Gambar 3.68. Buka Drum Silinder dan Masukkan Kerikil.....	48
Gambar 3.69. Menimbang Kerikil Setelah Pengujian	49
Gambar 3.70. Masukkan Benda Uji dalam Cetakan Silinder	52
Gambar 3.71. Keluarkan Benda Uji dari Cetakan Silinder.....	52
Gambar 3.72. Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	53
Gambar 3.73. Merojok Campuran Beton dengan Togkat Besi	54
Gambar 3.74. Pengukuran Ketinggian Penurunan Beton	54
Gambar 3.75. Bersihkan Benda Uji dari Kotoran dengan Kain.....	55
Gambar 3.76. Ukur Diameter dan Tinggi Benda Uji	55
Gambar 3.77. Visual Benda Uji setelah Perendaman	55
Gambar 3.78. Menimbang Benda Uji Silinder	56
Gambar 3.79. Memasang <i>Rubber Capping</i> pada Benda Uji.....	56
Gambar 3.80. Letakkan Benda Uji pada Mesin Kuat Tekan.....	56
Gambar 3.81. Menjalankan Mesin Kuat Tekan.....	57
Gambar 4.1. Grafik Zona Analisa Saringan Pasir	59
Gambar 4.2. Grafik Zona Analisa Saringan <i>Bottom Ash</i>	62
Gambar 4. 3 Rekapitulasi Kuat Tekan Beton	82
Gambar 4. 4 Perbandingan Biaya Setiap Variasi	86

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Penelitian Terdahulu Perlakuan Awal <i>Bottom Ash</i>	13
Tabel 2.2. Klasifikasi Mutu Beton Berdasarkan Kuat Tekan	15
Tabel 2.3. Penelitian Terdahulu.....	16
Tabel 3.1. Alat Penelitian	23
Tabel 3.2. Bahan Penelitian.....	27
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir	58
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Pasir	60
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan	61
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Analisa Saringan <i>Bottom Ash</i>	62
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Kadar Lumpur <i>Bottom Ash</i>	63
Tabel 4.6. Hasil Pengujian Kadar Air <i>Bottom Ash</i>	64
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan <i>Bottom Ash</i> Alami.....	65
Tabel 4.8. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan <i>Bottom Ash</i> Udara	65
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan <i>Bottom Ash</i> Sangrai.....	66
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan <i>Bottom Ash</i> Oven	67
Tabel 4.11. Hasil Pengujian Analisa Saringan Kerikil	68
Tabel 4.12. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Kerikil	69
Tabel 4.13. Hasil Pengujian <i>Los Angeles</i> Kerikil.....	71
Tabel 4.14. Data Hasil Seluruh Pengujian Material	71
Tabel 4.15. Hasil Uji Kelayakan Material.....	72
Tabel 4.16. Jumlah benda uji semua variasi.....	73
Tabel 4.17. Standard <i>Job mix design</i> beton f'c 20 MPa.....	74
Tabel 4.18. Komposisi Bahan Campuran Beton 3 Benda Uji Silinder	74
Tabel 4.19. Hasil Pengujian <i>Slump Test</i>	75
Tabel 4.20. Hasil Pemeriksaan Kondisi Fisik Benda Uji Hari ke 7	77
Tabel 4.21. Hasil Pemeriksaan Kondisi Fisik Benda Uji Hari ke 28	78
Tabel 4.22. Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 7 hari.....	80
Tabel 4.23. Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Umur 28 hari.....	81
Tabel 4.24. Harga Bahan	84
Tabel 4.25. <i>Job Mix Design</i> Beton Per 1 m ³	85
Tabel 4.26. Perhitungan Analisa Biaya Beton Per 1m ³ (Rp).....	85

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lembar Asistensi
- Lampiran 2. Lembar Logbook Laboratorium
- Lampiran 3. Lembar Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus
- Lampiran 4. Lembar Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus
- Lampiran 5. Lembar Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
- Lampiran 6. Lembar Pemeriksaan Analisa Saringan *Bottom Ash*
- Lampiran 7. Lembar Pemeriksaan Kadar Lumpur *Bottom Ash* Alami
- Lampiran 8. Lembar Pemeriksaan Kadar Lumpur *Bottom Ash* kering Udara
- Lampiran 9. Lembar Pemeriksaan Kadar Lumpur *Bottom Ash* kering Sangrai
- Lampiran 10. Lembar Pemeriksaan Kadar Lumpur *Bottom Ash* kering Oven
- Lampiran 11. Lembar Pemeriksaan Berat Jenis *Bottom Ash* Alami
- Lampiran 12. Lembar Pemeriksaan Berat Jenis *Bottom Ash* kering Udara
- Lampiran 13. Lembar Pemeriksaan Berat Jenis *Bottom Ash* kering Sangrai
- Lampiran 14. Lembar Pemeriksaan Berat Jenis *Bottom Ash* kering Oven
- Lampiran 15. Lembar Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar
- Lampiran 16. Lembar Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
- Lampiran 17. Lembar Pemeriksaan Keausan Agregat
- Lampiran 18. Lembar Perhitungan *Job Mix Design* $f_c' 20$ MPa
- Lampiran 19. Lembar Pengujian Kuat Tekan (Silinder) Umur 7 hari
- Lampiran 20. Lembar Pengujian Kuat Tekan (Silinder) Umur 28 hari
- Lampiran 21. Lembar Harga Bahan Campuran Beto