



TUGAS AKHIR

PENGARUH LIMBAH KERAMIK SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR DAN *BIOCHAR* AMPAS KOPI SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS UNTUK MENINGKATKAN KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA BETON

Oleh:

Rivdwieyani Xenia Prameswari 40030522650070

Zata Shabrina Putri 40030522650134

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**

ABSTRAK

Pemanfaatan limbah keramik sebagai substitusi agregat kasar merupakan salah satu upaya mengurangi limbah konstruksi, namun penggunaannya secara tunggal dapat menurunkan kinerja mekanis beton akibat porositas dan daya serap air yang tinggi. Penelitian ini menganalisis pengaruh kombinasi limbah keramik dan *biochar* ampas kopi terhadap kinerja beton mutu $f'c$ 30 MPa serta menentukan komposisi optimum. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan benda uji beton silinder berukuran 15×30 cm dan beton balok berukuran $15 \times 15 \times 60$ cm yang diuji pada umur 28 hari dengan empat variasi, yaitu beton normal (LK0BK0), substitusi 20% limbah keramik (LK20BK0), serta kombinasi 20% limbah keramik dengan 10% dan 15% *biochar* ampas kopi (LK20BK10 dan LK20BK15). Hasil menunjukkan bahwa pada LK20BK0, kuat tekan dan kuat lentur menurun menjadi 30,34 MPa dan 3,00 MPa dibandingkan LK0BK0 dengan kuat tekan 35,67 MPa dan kuat lentur 3,43 MPa. Penambahan 10% *biochar* pada LK20BK10 meningkatkan kuat tekan menjadi 39,04 MPa dan kuat lentur menjadi 3,67 MPa, sementara kadar 15% pada LK20BK15 kembali menurunkan kuat tekan menjadi 31,59 MPa dan kuat lentur menjadi 3,10 MPa. Dari segi biaya, LK20BK0 merupakan variasi termurah sebesar Rp1.522.044/m³, sedangkan LK20BK15 merupakan variasi termahal sebesar Rp1.622.663/m³ akibat biaya proses pembuatan *biochar*. Meskipun LK20BK10 merupakan variasi dengan biaya tertinggi kedua yaitu Rp1.589.123/m³, variasi ini ditetapkan sebagai komposisi optimum karena menghasilkan kuat tekan dan kuat lentur tertinggi. Kombinasi 20% limbah keramik dan 10% *biochar* ampas kopi memenuhi mutu rencana $f'c$ 30 MPa dan berpotensi sebagai material alternatif dalam beton.

Kata Kunci : Limbah Keramik, *Biochar* Ampas Kopi, Substitusi Agregat, Kuat Tekan, Kuat Lentur

ABSTRACT

The utilization of ceramic waste as a substitute for coarse aggregate is one effort to reduce construction waste. However, its use as a single substitute material may decrease the mechanical performance of concrete due to its high porosity and water absorption. This study analyzed the effect of combining ceramic waste and coffee-ground biochar on the performance of f'c 30 MPa grade concrete and determined the optimum mixture composition. This research was conducted experimentally using cylindrical concrete specimens measuring 15 × 30 cm and beam specimens measuring 15 × 15 × 60 cm. The specimens were tested at the age of 28 days using four mixture variations: normal concrete (LK0BK0), concrete with 20% ceramic waste substitution (LK20BK0), and concrete containing 20% ceramic waste combined with 10% and 15% coffee-ground biochar (LK20BK10 and LK20BK15). The results showed that the LK20BK0 variation experienced a decrease in compressive and flexural strength, reaching 30.34 MPa and 3.00 MPa, respectively, compared to the normal concrete variation (LK0BK0), which achieved a compressive strength of 35.67 MPa and a flexural strength of 3.43 MPa. The addition of 10% biochar in the LK20BK10 variation increased the compressive strength to 39.04 MPa and the flexural strength to 3.67 MPa. However, increasing the biochar content to 15% in the LK20BK15 variation reduced the compressive strength to 31.59 MPa and the flexural strength to 3.10 MPa. In terms of cost, LK20BK0 was the most economical variation at IDR 1,522,044/m³, while LK20BK15 was the most expensive at IDR 1,622,663/m³ due to the cost of the biochar production process. Although LK20BK10 had the second-highest cost (IDR 1,589,123/m³), this variation was selected as the optimum mixture because it produced the highest compressive and flexural strength. Therefore, the combination of 20% ceramic waste and 10% coffee-ground biochar met the planned f'c 30 MPa concrete grade and has potential to be used as an alternative material in concrete.

Keywords : *ceramic waste, coffee grounds biochar, aggregate substitution, compressive strength, flexural strength*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian yang berjudul “Pengaruh Limbah Keramik pada Substitusi Agregat Kasar dan *Biochar* Ampas Kopi sebagai Substitusi Agregat Halus untuk Meningkatkan Kuat Tekan dan Kuat Lentur pada Beton” ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi S.Tr.T Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan mengetahui pengaruh substitusi *biochar* ampas kopi dan limbah keramik ssebagai substitusi agregat kasar dan agregat halus pada beton agar dapat meningkatkan kuat tekan dan meningkatkan penyerapan air pada beton. Kami menyadari bahwa penyusunan penelitian ini tidak akan berjalan dengan lancar tanpa dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak.

Di kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Asri Nurdiana, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi D-IV Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, yang telah memberikan dukungan serta arahan dalam kegiatan magang dan penyusunan laporan ini.
2. Ibu Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukan yang sangat berarti selama proses penyusunan penelitian ini.
3. Bapak Andi Muflih Marsuq Muthaher, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukan yang sangat berarti selama proses penyusunan penelitian ini.
4. Orangtua, teman, dan semua pihak yang telah membantu dan menemani penulis selama magang berlangsung dan selama proses penyusunan laporan.

Kami menyadari bahwasanya penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, maka itu, Kami mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca serta menjadi bahan referensi yang bermanfaat di bidang konstruksi selanjutnya.

Akhir kata, semoga karya ini dapat menjadi kontribusi yang berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan dalam bidang konstruksi.

Penulis,

September 2026

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah	4
1. 3 Tujuan Penelitian.....	5
1. 4 Manfaat Penelitian.....	5
1. 5 Batasan Masalah.....	6
1. 6 Ruang Lingkup	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2. 1 Landasan Teori	7
2. 1. 1 Pengertian Beton	7
2. 1. 2 Komponen Penyusun	9
2. 1. 3 Kuat Tekan Beton.....	11
2. 1. 4 Kuat Lentur Beton.....	12
2. 1. 5 Limbah Keramik	12
2. 1. 6 <i>Biochar</i> Ampas Kopi	14
2. 1. 7 Pirolisis.....	16
2. 1. 8 Faktor Penentu Proporsi Campuran	21
2. 1. 9 <i>Job Mix Design</i>	22
2. 2 Penelitian Terdahulu	23
2. 3 Analisis Gap	27

BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Jenis Penelitian	32
3.2 Desain Penelitian	32
3.2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	32
3.2.2 Alur Penelitian	33
3.2.3 Pengujian Benda Uji	34
3.3 Metode Job Mix Design	34
3.3.1 Dasar Perencanaan <i>Job Mix</i>	34
3.3.2 Pemilihan <i>Job Mix Design</i>	34
3.3.3 <i>Job Mix Design</i>	45
3.4 Alat dan Bahan	48
3.5 Persiapan Bahan Penelitian	56
3.5.1 Jenis dan Sumber Bahan Penelitian	56
3.5.2 Pengolahan Bahan Substitusi	59
3.5.3 Pengujian Material	67
3.6 Pembuatan Benda Uji	69
3.7 Pengujian Benda Uji	71
3.7.1 Pengujian Kuat Tekan Beton	71
3.7.2 Pengujian Kuat Lentur Beton	71
3.8 Perbandingan Harga	72
3.9 Rencana Luaran Penelitian	72
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	74
4.1 Pemeriksaan Material	74
4.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus	74
4.1.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar	78
4.1.3 Hasil Pengujian Limbah Keramik	80
4.1.4 Hasil Pengujian <i>Biochar</i> Ampas Kopi	83
4.2 Pemeriksaan Beton	104
4.2.1 Hasil Pegujian Kuat Tekan Beton	104
4.2.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	110
4.2.3 Analisa Biaya	115
4.3 Analisa Pengujian	120

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	125
DAFTAR PUSTAKA.....	128
LAMPIRAN.....	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Alur Penelitian.....	33
Gambar 3. 2 Timbangan.....	48
Gambar 3.3 Saringan.....	48
Gambar 3.4 Oven	49
Gambar 3.5 <i>Sieve Shaker</i>	49
Gambar 3.6 Mesin Abrasi <i>Los Angeles</i>	50
Gambar 3.7 <i>Compression Testing Machine</i>	50
Gambar 3.8 <i>Mixer</i> Beton.....	51
Gambar 3.9 Kerucut <i>Abrams</i>	51
Gambar 3.10 Cetakan Silinder	52
Gambar 3.11 Semen	53
Gambar 3.12 Air.....	53
Gambar 3.13 Pasir.....	54
Gambar 3.14 Kerikil.....	54
Gambar 3.15 Ampas Kopi.....	55
Gambar 3.16 Limbah Keramik	55
Gambar 3.17 Oli atau Pelumas.....	56
Gambar 3. 18 Alat Pirolisis	60
Gambar 3. 19 <i>Flowchart</i> Skema Pirolisis <i>Biochar</i> Ampas Kopi.....	62
Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Analisa Saringan Agregat Halus.....	75
Gambar 4. 2 Grafik Gradasi Analisa Saringan Agregat Kasar.....	79
Gambar 4. 3 Grafik Gradasi Analisa Saringan Limbah Keramik	82
Gambar 4. 4 Grafik Gradasi Analisa Saringan <i>Biochar</i> Ampas Kopi.....	86
Gambar 4. 5 Grafik Gradasi Analisa Saringan Agregat Kasar Gabungan	88
Gambar 4. 6 Grafik Gradasi Analisa Saringan Agregat Halus dan 10% <i>Biochar</i> . 90	
Gambar 4. 7 Gradasi Analisa Saringan Agregat Halus dan 15% <i>Biochar</i>	92
Gambar 4. 8 Gradasi Analisa Saringan Gabungan Variasi LK0BK0.....	95
Gambar 4. 9 Gradasi Analisa Saringan Gabungan Variasi LK20BK0.....	97
Gambar 4. 10 Gradasi Analisa Saringan Gabungan Variasi LK20BK10.....	100
Gambar 4. 11 Gradasi Analisa Saringan Gabungan Variasi LK20BK15	102

Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Seluruh Variasi Umur 28 Hari	106
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Kuat Lentur Seluruh Variasi Umur 28 Hari	112
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Harga Setiap Variasi Campuran	119

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rekapitulasi Penelitian Beton Variasi Limbah Keramik	28
Tabel 2.2 Rekapitulasi Penelitian Beton Variasi <i>Biochar</i> Ampas Kopi	30
Tabel 3.1 Ketentuam Standar Deviasi	35
Tabel 3.2 Kriteria Pemilihan Nilai <i>Slump</i>	35
Tabel 3.3 Perkiraan Air Pencampur dan Kandungan Udara	36
Tabel 3.4 Kriteria Pemilihan Rasio Air Semen	37
Tabel 3.5 Perkiraan Kadar Agregat Kasar	38
Tabel 3.6 Perkiraan Kadar Agregat Halus	39
Tabel 3.7 Data Berat Jenis Material	40
Tabel 3.8 Kebutuhan Material	43
Tabel 3.9 Kebutuhan Material Untuk 1 m ³ Beton Normal	44
Tabel 3.10 Kebutuhan Material Benda Uji Silinder	45
Tabel 3.11 Kebutuhan Material Benda Uji Balok	45
Tabel 3.12 Persentase Variasi	46
Tabel 3.13 <i>Job Mix Design</i> Benda Uji Silinder	47
Tabel 3.14 <i>Job Mix Design</i> Benda Uji Balok	47
Tabel 3.15 Jumlah Benda Uji	69
Tabel 4.1 Analisa Saringan (Agregat Halus)	74
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air (Agregat Halus)	76
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis (Agregat Halus)	76
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kadar Air Keadaan SSD (Agregat Halus)	76
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Metode Kocok (Agregat Halus)	77
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Standar Pengujian (Agregat Halus)	77
Tabel 4.7 Analisa Saringan (Agregat Kasar)	78
Tabel 4. 8 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air (Agregat Kasar)	79
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Berat Jenis (Agregat Kasar)	80
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Standar Pengujian (Agregat Kasar)	80
Tabel 4.11 Analisa Saringan (Limbah Keramik)	81
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air (Limbah Keramik)	82

Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Berat Jenis Limbah Keramik	83
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Standar Pengujian Limbah Keramik	83
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air <i>Biochar</i> Ampas Kopi	84
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Biochar</i> Ampas Kopi.....	84
Tabel 4.17 Hasil Analisa Saringan <i>Biochar</i> Ampas Kopi	85
Tabel 4. 18 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar dan 20% Limbah Keramik Gabungan	87
Tabel 4. 19 Batas Gradasi Agregat Kasar dan 20% Limbah Keramik Gabungan.	88
Tabel 4. 20 Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus dan 10% <i>Biochar</i> Gabungan..	89
Tabel 4. 21 Batas Gradasi Agregat Halus dan 10% <i>Biochar</i> Gabungan	90
Tabel 4. 22 Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus dan 15% <i>Biochar</i> Gabungan..	91
Tabel 4. 23 Batas Gradasi Agregat Halus dan 15% <i>Biochar</i> Gabungan	91
Tabel 4. 24 Hasil Analisis Gradasi Agregat Gabungan LK0BK0	93
Tabel 4. 25 Batas Gradasi Agregat Gabungan LK0BK0.....	94
Tabel 4. 26 Hasil Analisis Gradasi Agregat Gabungan LK20BK0	95
Tabel 4. 27 Batas Gradasi Agregat Gabungan LK20BK0.....	97
Tabel 4. 28 Hasil Analisis Gradasi Agregat Gabungan LK20BK10	98
Tabel 4. 29 Batas Gradasi Agregat Gabungan LK20BK10.....	99
Tabel 4. 30 Hasil Analisis Gradasi Agregat Gabungan LK20BK15	100
Tabel 4. 31 Batas Gradasi Agregat Gabungan LK20BK15.....	102
Tabel 4.32 Data Pungukuran Sampel Aktual	104
Tabel 4.33 Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tekan Beton	105
Tabel 4. 34 Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Lentur Beton	111
Tabel 4.35 Lokasi Perolehan Material	115
Tabel 4.36 Kebutuhan Material Benda Uji	116
Tabel 4.37 Harga Satuan Material Mas Petruk	116
Tabel 4.38 Analisa Harga Satuan Mas Petruk	117
Tabel 4.39 Harga Satuan Material Aktual	117
Tabel 4.40 Analisa Harga Satuan Sample Beton Setiap Variasi Campuran	118
Tabel 4.41 Rekapitulasi Hasil Pengujian	120
Tabel 4. 42 Persentase Hubungan Hasil Uji Penelitian dengan Beton Normal ..	121