

PEMANFAATAN ABU LIMBAH KULIT KOPI TORAJA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Israel Padang¹, Zwengli Lodi Honta²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja

*Corresponding Author e-mail: israelpadang@ukitoraja.ac.id, zwengly@ukitoraja.ac.id

Article History

Received: 21 Maret

Revised: 21 April

Published: 14 Mei

Keywords:

concrete, coffee skin ash, compressive strength

Abstract: The construction industry needs continuous innovation that can reduce negative impacts on the environment. One of the innovations examined in this study is the use of Toraja coffee pulp ash, which is agricultural waste, as a substitute for some cement in the concrete mixture. Coffee skin ash is the result of burning coffee skin waste in the coffee bean grinding process. This waste is very large in Toraja but its utilization is very limited. The purpose of this study was to determine how the influence of variations in the use of Toraja coffee skin ash as a partial substitution of cement on the compressive strength of concrete. This research is an experimental study, where the variation of Toraja coffee skin ash used is 0%, 5%, 7.5%, and 10% by weight of cement. Cylindrical specimens 15 cm x 30 cm each were made 12 pieces each and pressed tested on days 3, 7, 14 and 28 days. A total of 48 test specimens. The compressive test results show that the compressive strength of each variation increases as the concrete ages. Normal concrete compressive strength 0% variation at age 28 reaches a planned life of 25.45 Mpa, 5% variation of 22.62 Mpa, 7.5% variation of 24.13 Mpa and 10% variation of 20.02 Mpa. Variations in the use of Toraja coffee bark ash as a partial substitution of cement have an impact on the compressive strength value of concrete. The compressive strength of all specimens with the use of coffee skin as a partial substitution of cement is maximum at a variation of 7.5%, but still below the compressive strength of normal concrete or without cement substitution.

Kata Kunci:

beton, abu kulit kopi, kuat tekan

Abstrack: Industri konstruksi membutuhkan inovasi berkelanjutan yang dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu inovasi yang diteliti dalam penelitian ini adalah penggunaan abu ampas kulit kopi Toraja, yang merupakan limbah pertanian, sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Abu kulit kopi merupakan hasil pembakaran limbah kulit kopi pada proses penggilingan biji kopi. Limbah ini jumlahnya sangat banyak di Toraja namun pemanfaatannya sangat terbatas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi penggunaan abu kulit kopi Toraja sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini bersifat studi eksperimental, dimana variasi abu kulit kopi Toraja yang digunakan adalah 0%, 5%, 7,5%, dan 10% terhadap berat semen. Benda uji berbentuk silinder 15 cm x 30 cm dibuat masing-masing 12 buah setiap variasinya dan diuji tekan pada hari 3, 7, 14 dan 28 hari. Total benda uji sebanyak 48 buah. Hasil uji tekan memperlihatkan kuat tekan masing-masing variasi mengalami kenaikan seiring pertambahan umur beton. Kuat tekan beton normal variasi 0% pada umur 28 mencapai umur rencana 25,45 Mpa, variasi 5% sebesar 22, 62 Mpa, Variasi 7,5% sebesar 24,13 Mpa dan Variasi 10 % sebesar 20,02 Mpa. Variasi penggunaan abu kulit kopi Toraja sebagai substitusi parsial semen mempunyai dampak pada nilai kuat tekan beton. Kuat tekan semua benda uji dengan penggunaan kulit kopi sebagai substitusi parsial semen maksimum pada variasi 7,5%, namun masih di bawah kuat tekan beton normal atau tanpa substitusi semen.

Pendahuluan

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor yang terus berkembang seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan ekonomi. Dalam konteks ini, inovasi dan pengembangan material konstruksi menjadi sangat penting untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat. Salah satu material yang mendapat perhatian dalam beberapa tahun



terakhir adalah abu kulit kopi, terutama di daerah Toraja, Indonesia. Abu kulit kopi Toraja merupakan produk sampingan dari industri kopi yang potensial untuk digunakan dalam konstruksi sebagai substitusi parsial semen. Penggunaan abu kulit kopi sebagai bahan tambahan dalam beton menawarkan beberapa manfaat, termasuk potensi untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan beton serta mengurangi dampak lingkungan dari limbah industri kopi.

Meskipun telah dilakukan beberapa penelitian tentang penggunaan abu kulit kopi dalam beton, masih ada kebutuhan akan lebih banyak studi yang mendalam untuk memahami secara menyeluruh pengaruhnya terhadap sifat-sifat mekanik dan keberlanjutan beton. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi abu kulit kopi Toraja sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton. Penggunaan beton yang masif pada pembangunan infrastruktur berdampak pada peningkatan produksi dan penggunaan semen sebagai bahan utama beton. Peningkatan produksi semen berdampak pada peningkatan produksi gas buangan yang menyebabkan naiknya suhu bumi akibat efek rumah kaca.

Diketahui bahwa 7% dari produksi emisi gas rumah kaca CO₂ berasal dari produksi semen, dan setiap pengurangan 1 ton produksi semen menghasilkan pengurangan 1 ton emisi gas CO₂ (Malhotra, 1999 dalam Waani dan Elizabeth: 2017). Dengan demikian dapatlah dipahami bahwa di masa sekarang, telah dilakukan berbagai penelitian untuk mendapatkan material pengganti (substitute) maupun pelengkap (complement) yang dapat mengurangi penggunaan semen tanpa mengorbankan kualitas beton yang dihasilkan. Beton harus memiliki kuat tekan tertentu agar dapat digunakan secara efektif dalam pembangunan infrastruktur.

Kopi merupakan komoditas yang sangat banyak terdapat di Indonesia. Pada tahun 2021, Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa produksi kopi Indonesia mencapai 765.415 ton, menjadikan Indonesia sebagai negara penghasil kopi nomor dua di dunia, di bawah Kolombia. Data BPS Tana Toraja mencatat bahwa pada tahun 2021 Kabupaten Tana Toraja menyumbangkan 3.567,82 ton dari total produksi kopi Sulawesi Selatan, atau sekitar 9,9% dari total produksi kopi Sulsel dan cenderung terus meningkat. Ini berarti bahwa masih sangat terbuka peluang bagi pengembangan budidaya kopi di Tana Toraja. Pada teknik pengolahan biji kopi saat ini, dari total panen akan menghasilkan sekitar 65% biji kopi siap olah dan 35% limbah kulit kopi (data Kementerian Pertanian :<https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=3198>) artinya, berdasarkan data sebelumnya, maka sepanjang tahun 2021 saja, Tana Toraja menghasilkan 1.248,737 ton limbah kulit biji kopi; jumlah yang sangat besar. Proses pengolahan kopi dibedakan menjadi dua yakni proses kering dan proses basah. Pada cara kering pengupasan daging buah, kulit tanduk dan kulit kulit ari dilakukan setelah kopi kering, sedangkan pada proses basah, pengupasan buah dilakukan sewaktu kulit kopi masih basah (Ridwansyah, 2003).

Limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan kopi berasal dari kulit buah kopi, daging buah, serta kulit ari dan kulit tanduk biji tersebut. Limbah padat yang dihasilkan mengandung kadar air yang cukup tinggi karena pada proses pengolahan kopi adanya pencampuran dengan air, sehingga jumlah limbah padat dapat mencapai 630 kg/ha (Ridwansyah, 2003). Limbah kulit biji kopi yang berlimpah tersebut hingga kini belum dimanfaatkan secara optimal. Umumnya kulit biji kopi hanya ditumpuk di sekitar lokasi pengolahan, sehingga menimbulkan bau busuk dan cairan yang mencemari lingkungan. Sementara ini, kulit biji kopi baru dimanfaatkan sebagai pupuk kompos, bahan baku biogas, media tanam jamur, pakan ternak, karbon aktif dan produksi bioetanol (Rathinavelu, Grazioni, 2005).

Beberapa penelitian terdahulu telah menjadikan abu ampas kopi sebagai bahan posolan substituen parsial pada beton. Beberapa di antaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Yulius Rief Alkahly dan Meutia Syahfitri (Studi Eksperimen Penggunaan Abu Ampas Kopi Sebagai Material Pengganti Parsial Semen Pada Pembuatan Beton, 2016), Hartini (Uji Kuat Tekan Beton Dengan Pemanfaatan Abu Ampas Kopi Sebagai Substitusi Parsial Semen, 2021), Namrah dan Abd Muis B. (Pengaruh Abu Ampas Kopi Dengan Bahan Tambah No Drop

Plaston Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton, 2022), dan Ataya Nabila Panjaitan, dkk (Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan, Porositas Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Beton, 2020). Pada penelitian-penelitian tersebut, diperoleh data peningkatan kuat tekan beton dengan penambahan abu ampas kopi sebagai material posolan substituen pada beton dengan presentasi tertentu, dibandingkan dengan beton normal. Rata-rata penambahan 5- 10% abu ampas kopi pada campuran beton memberikan hasil yang signifikan.

Metode Penelitian

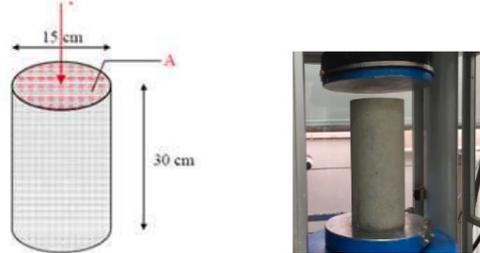
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu dengan melakukan percobaan langsung di laboratorium. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu kulit kopi dengan substitusi penggunaan sebagian semen pada campuran beton. Pengujian ini hanya dikhususkan untuk mengetahui perubahan kuat tekan beton dengan menggunakan abu kulit kopi yang mensubstitusi semen dengan kadar 0%, 5%, 7,5% dan 10% terhadap berat semen. Benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm dibuat sebanyak 48 buah masing-masing 12 buah per variasi dan diuji tekan pada umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari.

Adapun prosedur penelitian sebagai berikut:

1. Persiapan Bahan Agregat kasar, Agregat halus, Semen, Kulit Kopi dan Air dipersiapkan dan diletakkan di laboratorium.
2. Pengujian bahan-bahan campuran beton.
 - a. Gradasi agregat halus dan agregat kasar (ASTMC136-92) Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pemisahan butir agregat halus dengan menggunakan saringan. Setelah memperoleh pembagian butir agregat selanjutnya dilakukan analisis perhitungan gradasi saringan agregat halus untuk memperoleh nilai modulus kehalusan (Fineless Modulus) agregat tersebut.
 - b. Berat jenis agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 127-88) Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat halus dalam kondisi SSD dan kondisi kering sesuai standar yang telah ditetapkan.
 - c. Kadar air agregat halus dan agregat kasar (ASTMC566-89) Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan kadar air yang terdapat pada agregat halus sesuai standar yang telah ditentukan.
 - d. Kadar lumpur agregat halus [ASTMC142-78(1990)] Tujuan pemeriksaan ini untuk menentukan kadar lumpur yang terdapat pada agregat halus sebelum dilakukan pencucian. Nilai kadar lumpur yang harus dimiliki agregat halus ini harus kurang dari 5%.
 - e. Berat Volume / Bobot isi (ASTMC29M-91a) Tujuan pemeriksaan ini untuk menentukan berat isi atau bobot isi agregat kasar dan agregat halus dalam kondisi lepas dan padat
3. Pembuatan rencana campuran (mix design) dengan kuat tekan rencana $f'c=25$ MPa.
4. Pembakaran Kulit Kopi
 - a. Siapkan kulit kopi yang kering;
 - b. Bakar kulit kopi sampai menjadi abu;
 - c. Setelah kulit kopi menjadi abu, selanjutnya disaring dengan menggunakan ayakan no.200;
 - d. Abu kulit kopi yang diambil adalah yang lolos ayakan no.200.
 - e. Lakukan pencampuran dengan semen sesuai dengan hasil mix design sebanyak 5%, 7,5% dan 10% terhadap berat semen.
5. Pembuatan benda uji (beton)
 - a. Pengujian beton segar dengan melakukan uji Slump.
 - b. Beton segar dicetak kedalam cetakan silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.

6. Perawatan benda uji yang dilakukan dengan cara perendaman. Sebelum diuji pada hari ke 3,7,14 dan 28 hari.

7. Analisis data. Data yang didapat mulai dari saat penelitian sampai dengan akhir penelitian diolah dalam bentuk tabel dan diselesaikan sesuai dengan persamaan- persamaan yang diperlukan sesuai dengan standar yang berlaku. Hasil analisis berupa tabel, grafik dan gambar serta penarikan kesimpulan dan saran atas hasil yang didapat.



Gambar 1. Simulasi uji tekan

Hasil dan Pembahasan

1. Pemeriksaan Fisik Agregat Kasar

Tabel 2. Hasil pemeriksaan fisik agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Standar	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	0.5%-5%	0.993%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	SNI 03-4428-1997	0.2%-2%	1.23%	Memenuhi
Bobot isi					
3	-Kondisi Lepas	SNI 03-4804-1998	1.2-1.9	1.36 gr/cm ³	Memenuhi
	-Kondisi Padat	SNI 03-4804-1998	1.2-1.9	1.54 gr/cm ³	Memenuhi
4	Berat Jenis (Bulk)	SNI 03-1969-1990	1.6-3.1	2.55	Memenuhi
5	Bj.Jenuh kering permukaan (SSD)	SNI 03-1969-1990	1.6-3.2	2.6	Memenuhi
6	Bj.Semu (Apparent)	SNI 03-1969-1990	1.6-3.3	2.69	Memenuhi
7	Penyerapan	SNI 03-1969-1990	0.2%-5%	1.32%	Memenuhi
8	Abrasi (Keausan)	SNI 03-1969-1990	15%-40%	18.55%	Memenuhi

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium 2023)

2. Pemeriksaan Fisik Agregat Halus

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Standar	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	0,5%-5%	3,23%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	SNI 03-4428-1997	0,2%-2%	1,48%	Memenuhi
3	Bobot Isi (Kondisi Lepas)	SNI 03-4804-1998	1,2-1,9 gr/cm ³	1,38 gram/cm ³	Memenuhi
	Bobot Isi (Kondisi Padat)	SNI 03-4804-1998	1,2-1,9 gr/cm ³	1,54 gram/cm ³	Memenuhi
4	Berat Jenis (Massal)	SNI 03-1969-1990	1,6-3,1 gr/cm ³	2,31 gram/cm ³	Memenuhi
5	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (SSD)	SNI 03-1969-1990	1,6-3,2 gr/cm ³	2,39 gram/cm ³	Memenuhi
6	Berat Jenis Semu (Jelas)	SNI 03-1969-1990	1,6-3,3 gr/cm ³	2,51 gram/cm ³	Memenuhi
7	Penyerapan	SNI 03-1969-1990	0,2%-5%	3,52%	Memenuhi

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium 2023)

3. Mix Design

Mix desain campuran beton berdasarkan mutu rencana 25 Mpa sebagai berikut:

Tabel 4 Proporsi campuran beton

Penggantian Semen (%)	Jumlah Silinder	Semen (kg)	Abu Ampas Kulit Kopi (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Batu Pecah (kg)
0%	3	7,80	-	3,72	9,75	15,34
5%	3	7,41	0,39	3,72	9,75	15,34
7,5%	3	7,25	0,546	3,72	9,75	15,34
10%	3	7,02	0,702	3,72	9,75	15,34

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium 2023)

4. Pengujian Slump

Setelah mendapatkan komposisi campuran beton, dilakukan pembuatan benda uji beton di laboratorium. Sebelum benda uji dicetak, dilakukan uji beton segar dengan metode Uji Slump (Slump Test). Proses pengujian Slump dapat dilihat pada Gambar 2 dan hasil uji slump pada masing-masing campuran, didapatkan nilai seperti pada Tabel 5.



Gambar 2. Proses uji slump

Tabel 5. Hasil uji slump beton

Kode	AKK0%	AKK5%	AKK7,5%	AKK10%
Nilai Slump (cm)	6,80	8,70	8,20	7,40

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium 2023)

5. Pengujian Kuat Tekan

Dari hasil uji slump yang didapat, sudah memenuhi kriteria awal dengan nilai slump rencana 20-100 mm, maka dilanjutkan dengan mencetak benda uji kedalam cetakan dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm seperti pada Gambar 3. Setelah dicetak, beton segar dibiarkan mengeras selama 1x24 jam lalu dikeluarkan dari cetakan dan direndam dalam air. Pengujian tekan dilakukan pada hari ke 3, 7, 14 dan 28 hari. Proses pencetakan, perendaman dan pengujian tekan dapat dilihat pada Gambar 4, dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 4 Proses pencetakan, perendaman dan pengujian beton

Tabel 6 Hasil pengujian kuat tekan beton

Kode	Umur (Hari)	Kuat tekan (Mpa)			Kuat tekan rata-rata (Mpa)
		1	2	3	
BN 0%	3	10,22	11,00	10,70	10,64
	7	15,80	16,22	16,01	16,01
	14	20,40	20,45	20,66	20,57
	28	26,00	25,50	24,85	25,45
AKK5%	3	10,15	10,15	10,28	10,19
	7	14,90	14,60	14,80	14,77
	14	18,20	18,45	18,10	18,25
	28	22,62	22,62	22,62	22,62
AKK7,5%	3	10,30	10,88	10,19	10,46
	7	15,67	15,60	15,60	15,62
	14	19,70	19,40	19,70	19,60
	28	24,00	24,05	24,35	24,13
AKK10%	3	8,25	8,20	8,25	8,23
	7	12,90	12,80	12,60	12,77
	14	16,05	16,30	16,20	16,18
	28	19,75	20,15	20,15	20,02

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium 2023)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat bahwa kuat tekan beton dengan variasi penggunaan abu kulit kopi Toraja pada umur 28 hari memiliki kuat tekan yang nilainya masih di bawah kuat tekan beton normal. Kinerja kuat tekan beton mencapai 78% - 84 % dari kuat tekan beton normal. Kuat tekan beton maksimum diperoleh pada variasi penggunaan abu kulit kopi Toraja sebesar 7,5% dengan kuat tekan beton 24,13 Mpa atau mencapai kinerja 84% dari beton normal.

Referensi

Alkahly, Y.R., & Syahfitri, M. (2016). Studi Eksperimen Penggunaan Abu Ampas Kopi Sebagai Material Pengganti Parsial Semen Pada Pembuatan Beton.

- Alkhaly, A., & Syahfitri, N. (2016). Pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai bahan tambah terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(1), 1-6.
- Arbi, H. (2012). Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(1), 1-8.
- ASTM C125-1995. (1995). Standard terminology relating to concrete and concrete aggregates. ASTM International.
- ASTM C618-84. (1984). Standard specification for fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use as a mineral admixture in portland cement concrete. ASTM International.
- Ataya Nabila Panjaitan, Rizky Suci Ramadhani, & Ernie Shinta Y Sitanggang. (2021). PENGARUH ABU AMPAS KOPI TERHADAP KUAT TEKAN, POROSITAS SEBAGAI PENGGANTI SEMEN PADA PEMBUATAN BETON. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat*, 1 (1), 1–5. <https://doi.org/10.51510/agregat.v1i1.84>
- Badan Pusat Statistik. (2021). Produksi kopi menurut provinsi (ton), 2017-2021. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/02/21/1549/produksi-kopi-menurut-provinsi-ton-2017-2021.html>
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan beton normal. Jakarta: BSN.
- Ferguson, P. M. (1991). *Concrete construction handbook*. McGraw-Hill.
- Hartini. (2021). Uji Kuat Tekan Beton Dengan Pemanfaatan Abu Ampas Kopi Sebagai Substitusi Parsial Semen.
- Kementerian Pertanian. (n.d.). Limbah kulit kopi jadi bahan baku pembuatan bioplastik. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=3198>
- Kementrian Pertanian. (n.d.). Retrieved from <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=3198>
- Latif, A., Suryanto, B., & Wibowo, A. (2008). *Beton mutu tinggi: konsep dan aplikasi*. Andi.
- Malhotra, V. M. (1999). Making concrete greener with fly ash. *Concrete International*, 21(5), 61-66
- Muliye Tarekegn, Kabtamu Getachew, Goshu Kenea, “Investigasi Eksperimental Kekuatan Karakteristik Beton dengan Penggantian Sebagian Semen dengan Sekam Kopi Hibrida dan Abu Ampas Tebu”, *Kemajuan Ilmu dan Teknik Material*, vol. 2022, ID Artikel 5363766, 12 halaman, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5363766>
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi beton*. Andi.
- Namrah & Abd Muis B. (2022). Pengaruh Abu Ampas Kopi Dengan Bahan Tambah No Drop Plaston Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton.

- Nugraha, A., Suryanto, B., & Wibowo, A. (2007). Beton pracetak: konsep dan aplikasi. Andi.
- Panjaitan, A.N., et al. (2020). Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan, Porositas Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Beton.
- Ridwansyah, I. (2003). Pengolahan limbah padat industri pengolahan kopi menjadi pupuk organik granul. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 4(2), 99-106.
- S.Wimaya, A.Candra,S.Winarto Fakultas Teknik, Universitas Kadiri JURMATEKS Vol 3 No 2 Tahun 2020. Modifikasi Beton Fc 9,8 Mpa Menggunakan Abu Ampas Kopi. SNI 03-1974-1990. (1990). Cara uji kuat tekan beton. Badan Standarlisasi Nasional.