

Penggunaan abu serabut kelapa sebagai substitusi semen dan tempurung kelapa sebagai substitusi agregat kasar

Fahryan Bery Ramdhany^{a*}, Shifa Fauziyah^a, Hartono^a

^{a*,a} Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

fahryanbr24@gmail.com

Article history:

Received : 3 December 2024

Revised : 24 September 2025

Accepted : 25 September 2025

Publish : 30 September 2025

Keywords:

Coconut fiber ash, coconut shell, concrete compressive strength, Portland cement, waste

ABSTRACT

Coconut shell and coconut fiber waste are types of waste generated from the coconut industry, with a significant quantity. The main issue related to this waste is its inefficient handling, which can lead to environmental pollution and health problems. By utilizing coconut shells as a substitute for coarse aggregate in concrete mixtures, we can reduce the amount of waste disposed of and decrease dependence on conventional materials. Additionally, the ash from coconut fibers, produced from burning the fibers, can be used as a substitute for cement. The use of coconut fiber ash not only reduces the use of Portland cement, which has a high environmental impact, but also can improve the mechanical properties and durability of concrete. This research aims to explore the use of coconut shell waste as a substitute for coarse aggregate and coconut fiber ash as a substitute for cement in concrete mixtures. With the increasing demand for construction materials and the environmental impact of conventional materials, the utilization of agricultural waste such as coconut shells and fibers presents an attractive alternative. The experimental methods used include testing the physical and mechanical characteristics of the concrete mixture, as well as analyzing the variation in substitution proportions. Previous studies have shown the potential of coconut waste in enhancing concrete properties, both in terms of compressive strength and environmental resistance. The results of this research are expected to contribute to the development of sustainable construction technology and waste reduction, as well as promote the use of environmentally friendly materials in the building industry.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Permasalahan sampah di Kota Bandung semakin mendesak setiap tahunnya, dengan produksi mencapai 1.594,18 ton per hari pada tahun 2022. Sampah organik, terutama dari limbah makanan, mendominasi dengan 709,73 ton per hari, diikuti oleh plastik dan kertas masing-masing 266,23 ton dan 209,16 ton per hari. Salah satu kontributor utama adalah Pasar Tradisional *Gede Bage* yang menghasilkan 10 ton sampah per hari, termasuk limbah kelapa yang signifikan. Limbah kelapa ini, meskipun bernilai rendah, menumpuk dan menimbulkan masalah lingkungan yang serius.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari solusi inovatif dalam pemanfaatan limbah kelapa sebagai material konstruksi. Berdasarkan studi sebelumnya, abu serabut kelapa dapat digunakan sebagai substitusi semen, dan tempurung kelapa sebagai substitusi agregat kasar dalam campuran beton. Penggunaan abu serabut kelapa dapat meningkatkan kekuatan tekan beton hingga 42% pada usia 14 hari, sementara tempurung kelapa dapat meningkatkan kekuatan tekan beton sebesar 1,11%. Dalam upaya mengurangi masalah sampah di Kota Bandung, penelitian ini mengidentifikasi potensi pemanfaatan limbah kelapa sebagai bahan campuran beton. Diharapkan penelitian ini dapat

memberikan solusi inovatif dalam pengolahan limbah, mengurangi masalah lingkungan, dan menciptakan nilai ekonomis baru melalui aplikasi dalam konstruksi beton dan dapat menjadi referensi bagi studi lebih lanjut dalam bidang yang sama.

2. Data dan metode

2.1. Merancang *Mix Design*

Mix Design pada pembuatan beton mengacu pada penelitian terdahulu sebagai acuan referensi. Benda uji dalam penelitian ini berbentuk tabung ukuran $\varnothing 15\text{cm} \times 30\text{cm}$. Benda uji memiliki 10 variasi komposisi yaitu substitusi parsial semen dan agregat kasar dengan variasi campuran abu serabut kelapa dan tempurung kelapa terhadap berat normal semen dan agregat kasar yang dibutuhkan. Seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Job Mix Design*

BETON NORMAL						
Jenis Sampel	Semen Portland (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Air (ℓ)	Abu Serabut Kelapa (Kg)	Tempurung Kelapa (Kg)
Beton Normal	2,263	5,573	3,0012	1,1	-	-
BETON ABU SERABUT KELAPA						
Beton ASK 2%	2,1605	5,573	3,0012	1,1	0,1025	-
Beton ASK 3%	2,1090	5,573	3,0012	1,1	0,1537	-
Beton ASK 4%	2,0580	5,573	3,0012	1,1	0,2050	-
BETON TEMPURUNG KELAPA						
Beton TK 7,5%	2,263	4,769	3,0012	1,1	-	0,8037
Beton TK 10%	2,263	4,501	3,0012	1,1	-	1,0716
Beton TK 12,5%	2,263	4,233	3,0012	1,1	-	1,3396
BETON ASK + TEMPURUNG KELAPA						
Beton ASK 2% dan TK 7,5%	2,1605	4,769	3,0012	1,1	0,1025	0,8037
Beton ASK 3% dan TK 10%	2,1090	4,501	3,0012	1,1	0,1537	1,0716
Beton ASK 4% dan TK 12,5%	2,0580	4,233	3,0012	1,1	0,2050	1,3396

2.2. Persiapan Abu Serabut Kelapa

Abu serabut kelapa yang digunakan sebagai material campuran pada semen pembuatan benda uji adalah abu serabut kelapa yang didapatkan dari proses pembakaran serabut kelapa dari Toko Grosir Boss Kelapa Muda Kota Bandung. Abu serabut kelapa yang digunakan dalam material campuran pada semen adalah abu serabut kelapa yang telah melalui proses pembakaran, penghalusan, dan pengayakan hingga lolos saringan No.200.

2.3. Persiapan Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang digunakan sebagai material campuran pada agregat kasar pembuatan benda uji adalah tempurung kelapa yang didapatkan dari Toko Grosir Boss Kelapa Muda Kota Bandung. Tempurung kelapa yang digunakan adalah tempurung kelapa yang telah melalui proses pembersihan, pengeringan, dan pengayakan hingga memiliki ukuran antara 4,75 mm hingga 40 mm.

2.4. Pembuatan Benda Uji

Adapun pembuatan langkah maupun prosedur pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan pembuatan benda uji
- 2) Menimbang setiap bahan yang diperlukan menggunakan timbangan elektrik
- 3) Jalankan mesin pengaduk atau *mixer* dengan posisi kemiringan 45°
- 4) Masukkan bahan tambah yang telah di timbang ke dalam mesin pengaduk secara perlahan dengan diiringi memasukkan sebagian air hingga homogen
- 5) Setelah homogen, maka masukkan agregat kasar dan halus ke dalam mesin pengaduk
- 6) Tunggu sekitar 1 menit hingga semua bahan telah menjadi homogen dan masukkan semen ke dalam mesin pengaduk dengan diiringi memasukkan sebagian sisa air
- 7) Tunggu sekitar 3 menit hingga semua bahan menjadi satu kesatuan atau homogen

- 8) Menuangkan pasta semen ke dalam cetakan beton $\approx 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ yang telah di lumasi dengan oli pada permukaan dalam cetakan
- 9) Tuangkan pasta semen ke dalam cetakan beton sebanyak $\frac{1}{2}$ dari volume cetakan dan tusuk menggunakan penusuk diameter 10 mm sebanyak 25 kali sesuai SNI 03-2493-2011, lalu tuangkan sisa pasta semen dan ulangi proses penusukan
- 10) Ketuk setiap sisi cetakan beton dengan palu karet untuk mengeluarkan gelembung udara dan ratakan permukaan pasta semen dalam cetakan
- 11) Tempatkan cetakan beton berisi pasta semen di ruangan dengan suhu 16°C hingga 27°C dan biarkan selama 24 jam

2.5. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan sebagai berikut:

- 1) Setelah 24 jam, maka di lakukan pelepasan benda uji dari cetakan dan simpan benda uji pada ruangan dengan suhu sekitar 16°C hingga 27°C dengan ditutupi oleh kain basah selama 24 jam
- 2) Lakukan *curing* atau pembasahan permukaan beton setiap hari sebanyak 5-7 kali selama 7 hari
- 3) Setelah 7 hari dilakukan *curing* atau pembasahan permukaan beton, maka benda uji di simpan dan didiamkan pada ruangan dengan suhu 16°C hingga 27°C selama 14 hari hingga dilakukan pengujian

2.6. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton mencapai 14 hari. Pengujian ini mencari hasil terbaik dari beberapa sampel benda uji yang diberi tekanan pada titik tengah benda uji, benda uji diberi tekanan hingga patah atau terdapat retakan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan benda uji dilakukan pada saat benda uji telah berumur 14 hari kemudian dilakukan konversi 28 hari. Setelah didapatkan hasil pengujian dari beton normal, beton ASK, beton TK, dan beton ASK dan TK, maka dapat dilihat kuat tekan rata-rata atau mean kuat tekan beton dan persentase kenaikan beton campuran terhadap beton normal seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Mean Kuat Tekan Keseluruhan

No	Kode Sample	Mean Kuat Tekan 14 Hari (Mpa)	Mean Kuat Tekan Konversi 28 Hari (Mpa)	Persentase Kenaikan (%)
1	Beton Normal	17,616	20,018	-
2	Beton ASK 2%	19,479	22,135	10,57
3	Beton ASK 3%	20,241	23,002	14,90
4	Beton ASK 4%	20,552	23,354	16,66
5	Beton TK 7,5%	18,491	21,0013	4,96
6	Beton TK 10%	18,773	21,333	6,57
7	Beton TK 12,5%	18,265	20,756	3,68
8	Beton ASK 2% dan TK 7,5%	19,903	22,617	12,98
9	Beton ASK 3% dan TK 10%	20,919	23,772	18,75
10	Beton ASK 4% dan TK 12,5%	20,382	23,162	15,70

Pada beton dengan campuran abu serabut kelapa (ASK) sebagai substitusi semen, terjadi peningkatan nilai f_c dibandingkan dengan beton normal. Beton ASK 2% mencapai f_c sebesar 22,135 MPa, naik 10,57%, Beton ASK 3% mencapai 23,002 MPa, naik 14,90%, dan Beton ASK 4% mencapai 23,354 MPa, naik 16,66%.

Beton dengan tempurung kelapa (TK) sebagai substitusi agregat kasar menunjukkan nilai f_c sebesar 21,013 MPa untuk Beton TK 7,5% (naik 4,96%), 21,333 MPa untuk Beton TK 10% (naik 6,57%), dan 20,756 MPa untuk Beton TK 12,5% (naik 3,68%). Kombinasi ASK dan TK menghasilkan nilai f_c sebesar 22,617 MPa untuk Beton ASK 2% dan TK 7,5% (naik 12,98%), 23,772 MPa untuk

Beton ASK 3% dan TK 10% (naik 18,75%), dan 23,162 MPa untuk Beton ASK 4% dan TK 12,5% (naik 15,70%).

Analisis menunjukkan bahwa penggunaan abu serabut kelapa secara signifikan meningkatkan nilai f'_c beton karena kandungan silikat yang lebih tinggi dibandingkan semen. Penggunaan tempurung kelapa di atas 10% sebagai agregat kasar menurunkan nilai f'_c , sesuai dengan SNI-03-4137-2012 dan penelitian terdahulu yang menunjukkan penurunan kinerja beton dengan substitusi tempurung kelapa melebihi 10%. Kombinasi optimal ditemukan pada beton ASK 3% dan TK 10%, dengan f'_c tertinggi sebesar 23,772 MPa.

3.2 Analisis Biaya Produksi

Berikut adalah hasil analisis dan perhitungan biaya produksi dari beton dengan campuran abu serabut kelapa sebagai substitusi semen dan tempurung kelapa sebagai substitusi agregat kasar.

Semen Portland =Rp 45.000,00/SAK (40 Kg)

Agregat Halus =Rp 300.000,00/m³

Agregat Kasar =Rp 325.000,00/m³

Air =Rp 900,00/10m³

Tempurung Kelapa =Rp 5.000,00/10 Kg

Abu Serabut Kelapa =Rp 5.000,00/7,5 Kg

Maka dapat dihitung untuk keseluruhan biaya produksi beton tiap variasi seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Biaya Produksi Beton Keseluruhan

No	Kode Sampel	Harga Keseluruhan (Rp)
1	Beton Normal	7.065,282
2	Beton ASK 2%	7.001,220
3	Beton ASK 3%	6.969,882
4	Beton ASK 4%	6.937,157
5	Beton TK 7,5%	7.031,632
6	Beton TK 10%	7.020,416
7	Beton TK 12,5%	7.009,249
8	Beton ASK 2% dan TK 7,5%	6.984,653
9	Beton ASK 3% dan TK 10%	6.949,632
10	Beton ASK 4% dan TK 12,5%	6.915,291

Hasil analisis biaya produksi dan grafik beton normal, beton ASK, beton TK, serta kombinasi beton ASK dan TK menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan abu serabut kelapa (ASK) sebagai substitusi semen dan tempurung kelapa (TK) sebagai substitusi agregat kasar, semakin rendah biaya produksinya. Penggunaan ASK setiap 2% menurunkan biaya produksi sebesar 0,906%. Biaya produksi tertinggi adalah beton normal sebesar Rp 7.065,282, sedangkan biaya produksi terendah adalah kombinasi beton ASK 4% dan TK 12,5% sebesar Rp 6.915,291, turun 2,122% dari beton normal.

4. Kesimpulan

Penelitian "Penggunaan Abu Serabut Kelapa sebagai Substitusi Semen dan Tempurung Kelapa sebagai Substitusi Agregat Kasar" menunjukkan bahwa substitusi ini dapat meningkatkan nilai f'_c beton. Nilai f'_c beton normal adalah 20,018 MPa, sedangkan beton dengan berbagai substitusi abu serabut kelapa (ASK) dan tempurung kelapa (TK) menunjukkan peningkatan signifikan. Beton ASK 2% memiliki nilai f'_c 22,135 MPa (kenaikan 10,57%), beton ASK 3% mencapai 23,002 MPa (kenaikan 14,90%), dan beton ASK 4% mencapai 23,354 MPa (kenaikan 16,66%). Beton TK 7,5% memiliki nilai f'_c 21,001 MPa (kenaikan 4,96%), beton TK 10% mencapai 21,333 MPa (kenaikan 6,57%), dan beton TK 12,5% mencapai 20,756 MPa (kenaikan 3,68%). Kombinasi beton ASK 2% dan TK 7,5% menghasilkan 22,617 MPa (kenaikan 12,98%), sedangkan kombinasi beton ASK 3% dan TK 10% menghasilkan 23,772 MPa (kenaikan 18,75%). Biaya produksi beton terendah adalah biaya produksi beton beton ASK 4% dan TK 12,5% dengan biaya produksi sebesar Rp6.915,291 dan memiliki penurunan sebesar 2,122% dari biaya produksi beton normal. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan abu serabut kelapa dan tempurung kelapa sebagai bahan campur beton dapat

meningkatkan kualitas beton sekaligus menurunkan biaya produksi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mencoba metode baru dengan variasi persentase abu serabut kelapa dan tempurung kelapa guna menemukan komposisi paling optimal. Selain itu, penggunaan pasir yang sudah dikeringkan dengan oven dianjurkan agar kadar air dalam pembuatan benda uji beton lebih terkontrol.

Ucapan terima kasih

Kami panjatkan puji syukur kepada Allah SWT karena atas kehendaknya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengerahan kepada penulis. Terima kasih kepada seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

Referensi

- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-2847-2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-6468-2000. (2000). Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan Abuterbang. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-S-04-1989-F. (1989). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-1969-2008. (2008). Jenis Agregat untuk Bahan Bangunan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. RSNI-T-01-2005. (2005). Cara Uji Butiran Agregat Kasar Berbentuk Pipih, Lonjong, atau Pipih dan Lonjong. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-2834-2000. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-1974-2011. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-4137-2012. (2012). *Metode Uji Penentuan Ukuran Terkecil Rata-rata (UKR) dan Ukuran Terbesar Rata-rata (UBR)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-1974-2013. (2013). Tata Cara Pengujian Kuat Tekan Beton di Laboratorium. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-2493-2011. (2011). Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-03-4810-1998. (1998). Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Lapangan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Zalukhu, Pinter Susanto, Irwan Irwan, and Denny Meisandy Hutaeruk. "Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Cocofiber) terhadap Campuran Beton sebagai Peredam Suara." *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation* 1.1 (2017): 27-36.
- Lisantono, Ade, and JAP YOVITA NATALIE. "PENGUNAAN ABU SERABUT KELAPA DENGAN PEMBAKARAN 800 DAN 1000° CELSIUS SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN PADA BETON." (2018).
- Zulkarnain, Fahrizal, and Intan Permata Sari. "The THE EFFECT OF COCONUT FIBER ASH AS AN ALTERNATIVE TO REPLACE PART OF CEMENT USING ADDITIVE MATERIAL SIKI VISCOCRATE 8670 MN ON THE SPLIT TENSILE STRENGTH OF CONCRETE." *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun* 10.2 (2024): 109-114.
- Sibarani, Firman Abednego Sarwedi. "Pengaruh Perbandingan Tempurung Kelapa Dan Eceng Gondok Serta Variasi Ukuran Partikel Terhadap Karakteristik Briket." *Jurnal Teknik Kimia USU* 5.3 (2016): 56-61.
- S. Suhartana, "Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngarangan Kabupaten Grobogan," *BERKALA FISIKA*, vol. 9, no. 3, pp. 151-156, Apr. 2012.
- Tamado, Daniel, et al. "Sifat termal karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa." *Prosiding Seminar Nasional Fisika (e-Journal)*. Vol. 2. 2013.
- Zaqiyah, Rahmi Nihayatuz, Lilis Tiyani, and Devi Megarusti Pratiwi. "KUAT TEKAN BETON DENGAN SUBSTITUSI ABU SERABUT KELAPA." *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*. Vol. 5. No. 2. 2023.
- Irawan, Deni, and Utari Khatulistiani. "Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Pecahan Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Normal." *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi* 9.1 (2021): 061-070.
- Agustapraja, H. R., & Syah, F. I. (2023). Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa dan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik*, 21(1), 112-120.

- Olii, Muhammad Ramdhan, et al. "Limbah kaca sebagai pengganti sebagian agregat halus untuk beton ramah lingkungan." *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil* 11.1 (2021): 113-124.
- Defitri, M. (2022). "Pasar Gedebage Bandung & Waste4Change Targetkan Kelola 5 Ton Sampah Organik perhari menggunakan metode BSF". Diakses [Online] pada laman: Pasar Gedebage Bandung & Waste4Change Targetkan Kelola 5 Ton Sampah Organik per Hari Menggunakan Metode BSF
- Wamad, S. (2023). "Data Bandung: Produksi Sampah di Bandung Meningkat Tiap Tahun". Diakses [Online] pada laman: <https://www.detik.com/jabar/berita/d-6724978/produksi-sampah-di-bandung-meningkat-tiap-tahun#:~:text=Tahunnya%2C%20produksi%20sampah%20di%20Bandung,Sampah%20makanan%20menjadi%20penyumbang%20terbesar.>