

Pengaruh Persentase Abu Kulit Buah Kakao sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Kuat Tarik Belah Beton

Meli Kanuru^{1*}, Hernita Matana², Jufri Manga³

^{1,2,3}Universitas Kristen Indonesia Toraja, Sulawesi Selatan, Indonesia

Email Koresponden: melikanuru732@gmail.com

Abstrak

Beton merupakan material komposit yang terdiri atas semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan, yang komposisinya memengaruhi sifat mekanik seperti kuat tekan, kuat tarik belah, dan ketahanan terhadap lingkungan. Untuk mengurangi dampak lingkungan akibat produksi semen yang menghasilkan emisi CO₂, pemanfaatan bahan alternatif sebagai substitusi parsial semen terus dikembangkan. Salah satu bahan yang berpotensi digunakan adalah abu kulit buah kakao (*cocoa pod husk ash*) karena mengandung silika (SiO₂) sebesar 59,42% dan alumina (Al₂O₃) sebesar 11,10% yang berperan sebagai bahan pozzolan. Kandungan tersebut memungkinkan terjadinya reaksi dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen sehingga membentuk senyawa C-S-H tambahan yang berpotensi meningkatkan kinerja beton sekaligus mendukung penggunaan material yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan abu kulit buah kakao sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tarik belah beton. Penelitian ini menggunakan abu kulit buah kakao sebagai substitusi parsial semen dengan variasi 5%, 7,5%, dan 10%. Benda uji berupa silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan total 12 sampel. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur beton 28 hari. Perancangan campuran beton mengacu pada SNI 7656:2012, sedangkan pengujian kuat tarik belah mengacu pada SNI 2491:2014. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu kulit buah kakao memengaruhi kuat tarik belah beton. Beton kontrol memiliki kuat tarik belah sebesar 1,698 MPa. Variasi 5% meningkat sedikit menjadi 1,699 MPa, sedangkan variasi 7,5% dan 10% menurun menjadi masing-masing 1,38 MPa dan 1,221 MPa.

Kata Kunci: Beton, Abu Kulit Buah Kakao, Kuat Tarik Belah Beton, Substitusi Parsial Semen

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembangunan berbagai jenis infrastruktur karena memiliki kuat tekan yang tinggi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, serta bahan penyusunnya mudah diperoleh. Secara umum, beton tersusun atas semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan. Di balik berbagai keunggulannya,



penggunaan semen sebagai bahan pengikat utama menimbulkan permasalahan lingkungan karena proses produksinya menghasilkan emisi karbon dioksida (CO_2) dalam jumlah yang besar. Industri semen menjadi salah satu sektor yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca, sehingga diperlukan upaya untuk mengurangi konsumsi semen melalui pemanfaatan material alternatif yang memiliki sifat pozzolan sebagai pengganti sebagian semen.

Salah satu material yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai substitusi parsial semen adalah abu kulit buah kakao (*cocoa pod husk ash*). Sebagai salah satu negara penghasil kakao terbesar, Indonesia menghasilkan limbah kulit buah kakao dalam jumlah yang melimpah. Pemanfaatan limbah tersebut hingga saat ini masih relatif terbatas sehingga sebagian besar hanya dibuang atau dibakar, yang pada akhirnya dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Melalui proses pembakaran yang terkendali, kulit buah kakao dapat diubah menjadi abu yang mengandung senyawa silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Kandungan tersebut bersifat pozzolan sehingga mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan dari proses hidrasi semen dan membentuk senyawa *calcium silicate hydrate* (C-S-H). Pembentukan senyawa tersebut berpotensi meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas beton sekaligus mengurangi kebutuhan penggunaan semen.

Sejumlah penelitian telah mengkaji pemanfaatan abu kulit buah kakao sebagai material penyusun beton. Bowan (2021) melaporkan bahwa penggunaan abu kulit buah kakao sebagai substitusi semen sebesar 6% menghasilkan kuat tarik belah optimum sebesar 4,02 MPa. Akan tetapi, peningkatan kadar substitusi menjadi 12% dan 18% menyebabkan penurunan kuat tekan maupun kuat tarik belah akibat berkurangnya jumlah semen aktif serta meningkatnya porositas beton. Sementara itu, Audu Vincent E. M. (2013) meneliti abu kulit buah kakao sebagai bahan tambah (*admixture*) dengan kadar optimum 0,6%, yang mampu meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Namun, penambahan melebihi kadar tersebut justru menurunkan kekuatan beton. Penelitian lain oleh Olulope dan Ojop (2020) menunjukkan bahwa abu kulit buah kakao

sebagai substitusi parsial semen masih memberikan kinerja mekanik yang baik hingga kadar 15%, bahkan variasi 5% dan 10% menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton normal pada umur 56 hari.

Temuan serupa juga diperoleh pada penelitian yang menggunakan material pozzolan lainnya sebagai bahan substitusi semen. Patah dan Dasar (2022) menyatakan bahwa penggunaan *Rice Husk Ash* (RHA) mampu meningkatkan kuat tarik belah beton dengan hasil optimum pada variasi 10%. Selain itu, Ganesan (2007) melaporkan bahwa *Bagasse Ash* (BA) dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton hingga kadar substitusi 20%, sebelum mengalami penurunan pada persentase yang lebih tinggi. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa setiap jenis material pozzolan memiliki karakteristik dan kadar substitusi optimum yang berbeda sehingga perlu dikaji secara khusus sesuai jenis material yang digunakan.

Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu, masih ditemukan perbedaan hasil mengenai persentase optimum penggunaan abu kulit buah kakao sebagai substitusi parsial semen. Bowan (2021) menyatakan bahwa kadar optimum berada pada 6%, sedangkan Olulope dan Ojop (2020) melaporkan bahwa penggunaan hingga 15% masih mampu memberikan kinerja beton yang baik. Di sisi lain, penelitian Audu Vincent E. M. (2013) menggunakan abu kulit buah kakao sebagai bahan tambah (*admixture*), bukan sebagai pengganti sebagian semen, sehingga mekanisme pengaruhnya terhadap sifat beton berbeda. Selain adanya perbedaan hasil tersebut, sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada kuat tekan beton, sedangkan penelitian yang secara khusus mengevaluasi pengaruh variasi substitusi abu kulit buah kakao terhadap kuat tarik belah masih relatif terbatas, terutama pada variasi 5%, 7,5%, dan 10% yang berada dalam rentang kadar optimum yang dilaporkan oleh penelitian sebelumnya.

Metode Penelitian

1. Gambaran umum lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja yang terletak di Kakondongan, Kecamatan Tallunglipu, Kabupaten Toraja Utara.

2. Metode penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan termasuk dalam penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu kulit buah kakao sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tarik belah beton. Penambahan abu kulit buah kakao sebagai substitusi parsial semen yang digunakan yaitu 5%, 7,5%, 10% dan Durasi perendaman sampel sebelum diuji untuk melihat reaksi beton setelah penambahan abu kulit buah kakao yaitu 28 hari.

3. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perancangan campuran beton atau mix design merupakan proses menentukan komposisi bahan penyusun beton agar diperoleh mutu dan kekuatan sesuai kebutuhan. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk menetapkan perbandingan yang tepat antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air sehingga beton yang dihasilkan memiliki tingkat kelecakan (workability), kekuatan tekan, kuat tarik belah, daya tahan (durability), serta hasil akhir yang sesuai dengan standar yang ditetapkan. Proses perancangan campuran beton ini mengacu pada ketentuan SNI 7656:2012 tentang tata cara perancangan campuran beton normal.

4. Pengujian karakteristik Material

Dalam penelitian ini, sebelum material digunakan untuk pembuatan benda uji, terlebih dahulu dilakukan pengujian karakteristik material yang meliputi pemeriksaan kadar air agregat, bobot isi, kadar lumpur, analisa saringan, serta pengujian berat jenis dan daya serap agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar.

Tabel 4. 1. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

NO.	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Standar Pengujian
1	Kadar Lumpur	0.2 % - 2 %	0,26 %	SNI 03-4428-1997
2	Bobot Isi			
	Kondisi Padat	1.2 - 1.9 gr/cm ³	1,45 gr/cm ³	SNI 03-4804-1998
	Kondisi Lepas	1.2 - 1.9	1,39 gr/cm ³	SNI 03-4804-

NO.	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Standar Pengujian
		gr/cm ³		1998
3	Kadar Air	0.5 % - 5 %	0,62 %	SNI 03-1971-1990
4	Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Oven)	1,6 – 3,1 gr	2,37 gr	SNI 03-1737-1989
5	Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Permukaan)	1.6 - 3.1 gr	2,42 gr	SNI 03-1737-1989
6	Berat Jenis Semu	1.6 - 3.1 gr	2,49 gr	SNI 03-1737-1989
7	Penyerapan Air	0.2 % - 5 %	2,16 %	SNI 03-1737-1989

Tabel 4. 2. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar

NO.	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Standar Pengujian
1	Kadar Lumpur	0.2 % - 2 %	0,35 %	SNI 03-4428-1997
2	Bobot Isi			
	Kondisi Padat	1.2 - 1.9 gr/cm ³	1,71 gr/cm ³	SNI 03-4804-1998
	Kondisi Lepas	1.2 - 1.9 gr/cm ³	1,39 gr/cm ³	SNI 03-4804-1998
3	Kadar Air	0.5 % - 5 %	0,96 %	SNI 03- 1971-1990
4	Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Oven)	1,6 – 3,1 gr	2,64 gr	SNI 03-1969-1990
5	Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Permukaan)	1.6 - 3.1 gr	2,68 gr	SNI 03-1969-1990
6	Berat Jenis Semu	1.6 - 3.1 gr	2,76 gr	SNI 03-1969-1990
7	Penyerapan Air	0.2 % - 5 %	1,60 %	SNI 03-1969-1990

5. Pembuatan Benda Uji

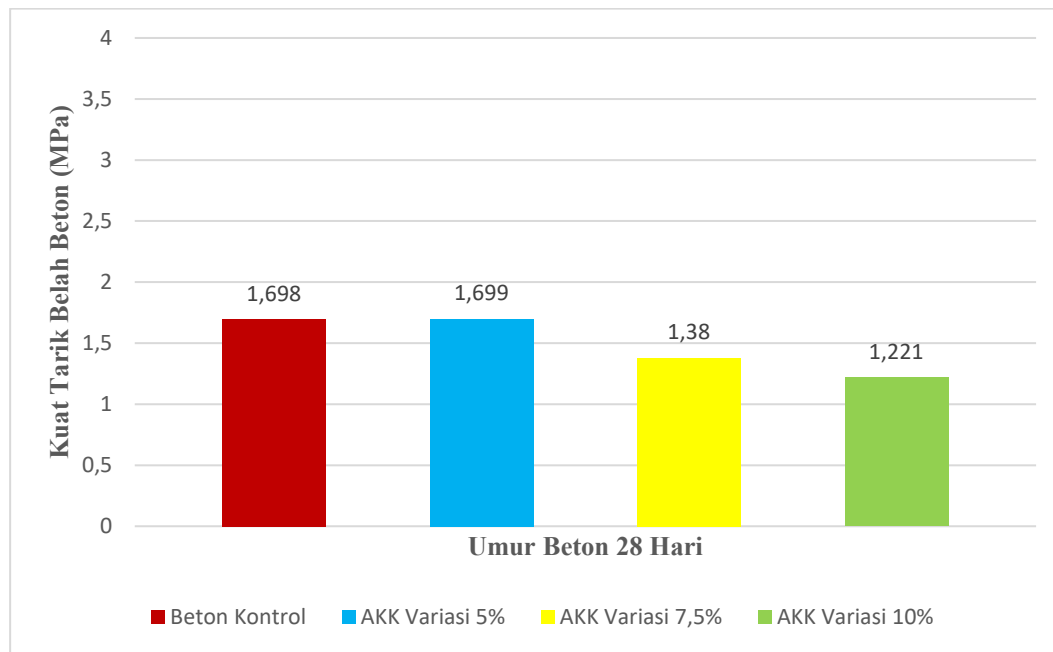
Pembuatan benda uji beton dilaksanakan setelah perhitungan rencana campuran telah selesai, persiapan alat dan bahan dalam kondisi baik. Pembuatan benda uji beton dilakukan berdasarkan standar SNI 03 – 2493 – 1991 “Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di

Laboratorium". Dalam pembuatan benda uji, digunakan cetakan silinder berukuran 10 cm x 20 cm dengan variasi penggunaan abu kulit buah kakao 5%, 7,5%, dan 10%. Jumlah benda uji sebanyak 12 sampel uji silinder dan akan diuji kuat tarik belahnya dilaboratorium teknik sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja.

Hasil Dan Pembahasan

Tabel 4. 3. Hasil pengujian kuat tarik belah beton umur 28 hari

Kode	Berat	Diameter (D)	Panjang (L)	Luas Silinder (a)	Beban (P)	Kuat Tarik Belah	Rata-rata
	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	N	MPa	MPa
BK I	3,538	100	200	7850	50000	1,592	1,698
BK II	3,638	100	200	7850	60000	1,911	
BK III	3,598	100	200	7850	50000	1,592	
BV 5% AKBK SP I	3,521	100	200	7850	55000	1,752	1,699
BV 5% AKBK SP II	3,528	100	200	7850	50000	1,592	
BV 5% AKBK SP III	3,510	100	200	7850	55000	1,752	
BV 7,5% AKBK SP I	3,579	100	200	7850	50000	1,592	1,380
BV 7,5% AKBK SP II	3,429	100	200	7850	35000	1,115	
BV 7,5% AKBK SP III	3,461	100	200	7850	45000	1,433	
BV 10% AKBK SP I	3,553	100	200	7850	30000	0,956	1,221
BV 10% AKBK SP II	3,541	100	200	7850	35000	1,115	
BV 10% AKBK SP III	3,634	100	200	7850	50000	1,592	



Berdasarkan gambar 4.13, pada umur 28 hari beton kontrol memiliki kuat tarik belah rata-rata sebesar 1,698 MPa. Nilai tersebut sedikit meningkat setelah ditambahkan abu kulit buah kakao sebesar 5%, yaitu menjadi 1,699 MPa atau meningkat sekitar 0,06% dibandingkan beton kontrol. Namun, pada variasi 7,5%, kuat tarik belah beton mengalami penurunan menjadi 1,38 MPa atau mengalami menurun sebesar 18,73% dibandingkan beton kontrol. Penurunan juga terjadi pada variasi 10%, dengan nilai kuat tarik belah sebesar 1,221 MPa atau mengalami penurunan sebesar 28,09% terhadap beton kontrol. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan abu kulit buah kakao melebihi 5% cenderung menurunkan kuat tarik belah beton dibandingkan beton normal.

Pada variasi substitusi abu kulit buah kakao sebesar 7,5% dan 10%, nilai kuat tarik belah beton mengalami penurunan dibandingkan dengan beton kontrol. Penurunan tersebut diduga terjadi karena meningkatnya persentase penggantian semen mengakibatkan berkurangnya jumlah semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat utama dalam campuran beton. Berkurangnya kandungan semen menyebabkan produk hidrasi, terutama senyawa *calcium silicate hydrate* (C-S-H) yang berperan penting dalam memberikan kekuatan beton, terbentuk dalam jumlah yang lebih sedikit. Meskipun abu kulit buah kakao mengandung silika yang bersifat pozzolanik dan mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) hasil hidrasi

semen untuk membentuk C-S-H tambahan, laju reaksi tersebut berlangsung lambat dibandingkan proses hidrasi semen. Akibatnya, pada tingkat substitusi yang lebih tinggi, pembentukan C-S-H dari reaksi pozzolanik belum mampu mengimbangi berkurangnya produk hidrasi semen sehingga kekuatan tarik belah beton mengalami penurunan.

Selain dipengaruhi oleh berkurangnya jumlah semen, penurunan kuat tarik belah juga disebabkan oleh karakteristik fisik abu kulit buah kakao. Material ini umumnya memiliki permukaan yang lebih kasar, ukuran partikel yang tidak seluruhnya sehalus semen, serta kemampuan menyerap air yang relatif tinggi. Karakteristik tersebut dapat meningkatkan kebutuhan air dalam campuran dan berpotensi menurunkan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton. Apabila penambahan kebutuhan air tidak diimbangi dengan penyesuaian faktor air-semen atau penggunaan bahan tambah yang sesuai, maka akan terbentuk rongga-rongga (*void*) dan porositas yang lebih besar didalam beton. Kondisi ini menyebabkan ikatan antara pasta semen dan agregat kurang optimal, sehingga kemampuan beton dalam menahan gaya tarik belah turut menurun.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu kulit buah kakao berpengaruh terhadap kuat tarik belah beton. Pada beton kontrol diperoleh nilai kuat tarik belah sebesar 1,698 MPa. Variasi penambahan abu kulit buah kakao sebesar 5% menunjukkan sedikit peningkatan menjadi 1,699 MPa, meskipun peningkatannya sangat kecil, pada variasi 7,5% dan 10%, nilai kuat tarik belah beton mengalami penurunan masing-masing menjadi 1,38 MPa dan 1,221 MPa.

Daftar Pustaka

SNI 15-2049-2004, N. d. . (2004). Sni 15-2049-2004. Journal of Nursing Measurement, 15(1), 5-14.

Anonim SNI, 03-4804-1998. (1998). Bobot Isi Agregat Halus dan Kasar. Badan Standarisasi Nasional, 14507.

- Anonim SNI, 1971:2011. (2011). Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim SNI, 2816:2014. (2014). Metode uji bahan organik dalam agregat halus untuk beton Standard Test Method for Organic Impurities in Aggregates. Badan Standarisasi Nasional.
- Audu Vincent E. M, M. Y. W. (2013). Use of Cocoa Pod Husk Ash as Admixture in Concrete. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2(11), 3781–3793.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. Bandung: Badan Standardisasi Nasional, 251.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Sni 2847-2019, 8, 720.
- Bowan, P. A. (2021). Cocoa pod husk ash as partial replacement of cement in concrete production. *Communications in Applied Sciences*, 10.
- Deanaova. (2020). Tinjauan Kuat Tekan Beton Geopolimer Menggunakan Fly Ash sebagai pengganti semen. *Civil Engginering*, 6–7.
- Ganesan, K., Rajagopal, K., & Thangavel, K. (2007). Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material. *Cement and concrete composites*, 29(6), 515-524.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.03.001>
- Hadipramana, J., & Putra, A. (2023). Studi terhadap potensi campuran abu kulit kakao dan serbuk cangkang telur sebagai pengganti pasir silika terhadap kekuatan tekan bata ringan. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 4(1), 46-58. <https://doi.org/10.53695/jm.v4i1.889>
- Lasino, L., Setiati, N. R., & Cahyadi, D. (2017). Karakteristik Beton Dengan Menggunakan Berbagai Jenis Semen (Concrete Characteristics Using Various Types Of Cement). *Jurnal Jalan Jembatan*, 34(1), 48-62.
- Bharat, A., Kumar, R., Kumar, D. R., Wipulanusat, W., & Kumar, S. (2026). Effect of nano silica dosage on the performance and durability of high-performance concrete using experimental and AI-based modeling approaches. *Journal of Structural Integrity and Maintenance*, 11(2), 2624145. <https://doi.org/10.1080/24705314.2026.2624145>
- Mulyono, Tri. (2005). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi.

- Patah, D., & Dasar, A. (2022, September). Strength Performance of Concrete using Rice Husk Ash as Supplementary Cementitious Materials (SCM). In *Journal of The Civil Engineering Forum* (Vol. 8, No. 3, pp. 261-276). <https://doi.org/10.22146/jcef.3488>
- Prabowo, A. R., & Sofia, D. A. (2024). Analisis pengaruh jenis pasir sebagai agregat halus terhadap kuat tekan beton. *AKSELERASI: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 6(1). <https://doi.org/10.37058/aks.v6i1.11698>
- SNI-2847, 2013. (2013). SNI-2847. 2013. *Persyaratan Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 1–265.
- SNI 7656:2012. (2012). Sni 7656:2012. Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal Beton Berat Dan Beton Massa, 1–44.
- Surya, S. (2017). Analisa perbandingan mutu beton dengan sumber material agregat halus yang berbeda.
- Tobi, D., & Bahar, I. (2005). Structural changes involved in protein binding correlate with intrinsic motions of proteins in the unbound state. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(52), 18908-18913. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507603102>
- Yuliani, F., & Gazali, F. (2020). Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Sebagai Sumber Antioksidan Alami. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 2(4), 119-124.
- Anonim SNI, 03-1968-1990. (1990). Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar. Badan Standarisasi Nasional, 1–5.
- SNI 03-1971-1990. (1990). *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Badan Standar Nasional Indonesia, 27(5), 6889.
- SNI-03-2834. (2002). Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal.