



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 4 (2025) pp: 425-431

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Limbah Organik sebagai Material Substitusi Semen

Tri Handayani, Sulardi, Asri Wulan, Nazwa Adiesta Kurnia Putri, Sidik Lestiyono

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gunadarma, Indonesia

t_handayani@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Beton merupakan salah satu material yang dominan digunakan dalam bidang konstruksi. Beton terbentuk dari semen, agregat dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah. Semen berfungsi menjadi bahan pengikat utama yang menghubungkan partikel pasir, kerikil dan bahan tambahan lainnya dalam campuran beton. Namun proses pembuatan semen memberikan dampak terhadap lingkungan yaitu menghasilkan polusi yang akan mengganggu kelestarian lingkungan (Bunyamin, 2023). Beberapa inovasi sudah dilakukan untuk mengatasi hal tersebut diantaranya penggunaan material penyusun beton yang terus dikembangkan untuk menciptakan beton ramah lingkungan. Penggunaan limbah organik dengan sifat yang hampir mirip dapat dilakukan seperti cangkang telur, kulit kopi, abu sekam padi, cangkang kerang dara, abu ampas tebu dan abu eceng gondok. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan tekan beton yang paling kuat dari keenam material substitusi semen, dengan persentase bahan pengganti semen 5% dan 10%. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm x 30 cm dan di uji kuat tekannya pada usia 28 hari, dimana pada usia tersebut kekuatan beton sudah 99%. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa bahan substitusi paling baik dan ramah lingkungan dengan kuat tekan yang tinggi adalah abu sekam padi dengan variasi persentase 5% yaitu 28,60 MPa dan abu cangkang kerang dara pada variasi persentase 10% yaitu 31,75 MPa.

Kata kunci: Beton, Semen, Limbah Organik, Substitusi, Kuat Tekan

1. Latar Belakang

Industri konstruksi merupakan sektor yang terus berkembang seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan ekonomi (Padang, 2024). Salah satu inovasi dan pengembangan material konstruksi menjadi sangat penting untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat. Inovasi yang sudah mulai dilakukan adalah dengan penggunaan material yang ramah lingkungan. Salah satu material yang sudah mulai banyak inovasinya adalah beton.

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang dominan digunakan (Bunyamin, 2023). Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa campuran bahan tambahan. Seiring bertambahnya usia, beton akan semakin mengeras setelah mencapai kekuatan rencana pada usia 28 hari (SNI-2847-2019). Penggunaan beton yang masif pada pembangunan infrastruktur berdampak pada peningkatan produksi dan penggunaan semen.

Sektor semen adalah konsumen energi industri terbesar ketiga di dunia, terdiri dari 7% penggunaan energi industri global (10,7 exajoule [EJ] CO₂ eq). Produksi semen melibatkan penguraian batu kapur (kalsium karbonat), yang mewakili sekitar 60% dari total emisi CO₂ yang dihasilkan dalam proses tersebut dan sisa emisi CO₂ disebabkan oleh pembakaran bahan bakar dan penggunaan energi lain (Junianto, 2021). Peningkatan produksi semen berdampak pada peningkatan produksi gas buangan yang menyebabkan naiknya suhu bumi (Padang, 2024).

Peningkatan suhu bumi menimbulkan adanya efek rumah kaca yang dapat mempengaruhi perubahan iklim. Dibutuhkan sebuah penelitian untuk mencari material pengganti (substitute) ataupun pelengkap (complement) yang dapat mengurangi penggunaan semen untuk mengurangi adanya dampak buruk terhadap lingkungan. Salah satu bahan yang bisa digunakan adalah limbah atau sampah. Berdasarkan data yang dihimpun oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2022, jumlah timbulan sampah di Indonesia sebesar 68,7 juta

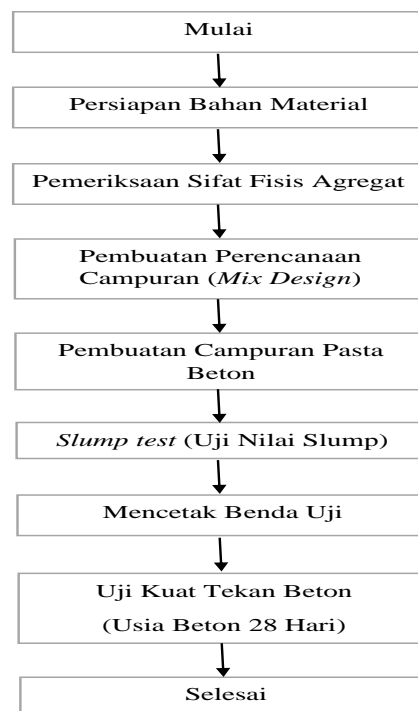
ton/tahun dengan komposisi sampah didominasi sampah organik, khususnya sisa makanan yang mencapai 41,27% (KLHK, 2023).

Berdasarkan data diketahui 65,83% sampah di Indonesia masih diangkut dan dibuang ke landfill. Sampah yang ditimbun ini akan menghasilkan emisi gas metana yang memiliki kekuatan lebih besar dalam memerangkap panas di atmosfer dibandingkan karbondioksida. Kondisi ini mempertegas bahwa pengelolaan sampah atau limbah organik sangat penting (KLHK, 2023).

Beberapa penelitian melakukan substitusi material dengan menggunakan sampah atau limbah organik. Substitusi tersebut dilakukan dengan mengganti 5% sampai 10% semen menggunakan limbah organik seperti limbah cangkang telur, cangkang kerang dara, kulit kopi, sekam padi, ampas tebu dan eceng gondok. Penggunaan material substitusi tersebut didapatkan nilai kuat tekan yang berbeda dari masing-masing material pengganti, sehingga kita mendapatkan bahan substitusi yang paling efektif dan mampu mengurangi kerusakan pada lingkungan.

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber, khususnya jurnal-jurnal ilmiah yang membahas substitusi semen dengan limbah organik. Data yang dikumpulkan berfokus pada penelitian-penelitian terdahulu yang mengkaji penggantian sebagian semen dengan persentase tertentu menggunakan bahan limbah organik seperti cangkang telur, sekam padi, kulit kopi, cangkang kerang dara, ampas tebu, dan eceng gondok. Penelitian ini berfokus pada substitusi material semen pada beton dengan persentase penggantian sebesar 5% dan 10% dari masing-masing bahan tersebut. Sampel uji yang digunakan berbentuk silinder dengan dimensi 15 x 30 cm. Setelah proses pencetakan, beton dibiarkan selama 28 hari untuk mencapai kekuatan optimal sebelum dilakukan uji kuat tekan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahan substitusi mana yang menghasilkan kuat tekan paling tinggi di antara keenam jenis limbah organik yang digunakan. Penelitian mengenai penggunaan material substitusi dilakukan beberapa tahap seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pembuatan Benda Uji

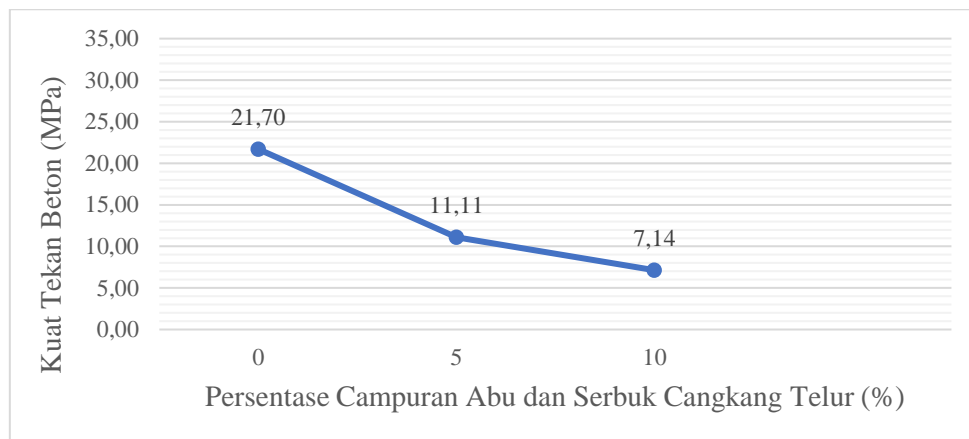
Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur sebagaimana dijelaskan pada diagram alir penelitian. Tahapan tersebut meliputi: (1) persiapan bahan material, yaitu memastikan seluruh bahan tersedia dengan jumlah dan kualitas yang sesuai; (2) pemeriksaan sifat fisis agregat, untuk memastikan agregat memenuhi standar mutu yang disyaratkan; (3) pembuatan perencanaan campuran (mix design), guna menentukan proporsi campuran beton dan target kuat tekan; (4) pembuatan campuran pasta beton, yang dilakukan sesuai rancangan agar

hasil sesuai kebutuhan; (5) uji slump (slump test) untuk mengukur tingkat kelecakan (workability) beton dengan nilai slump antara 75–100 mm; (6) pencetakan benda uji, di mana beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder setelah lolos uji slump; dan (7) uji kuat tekan beton pada usia 28 hari, yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton. Seluruh tahapan ini dilakukan secara sistematis agar hasil penelitian valid, dapat dibandingkan, dan memberikan gambaran komprehensif mengenai efektivitas penggunaan limbah organik sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan beton.

3. Hasil dan Diskusi

Berdasarkan hasil review jurnal yang sudah dilakukan, diketahui penggunaan enam bahan substitusi semen yaitu, sebagai berikut.

a. Limbah Cangkang Telur

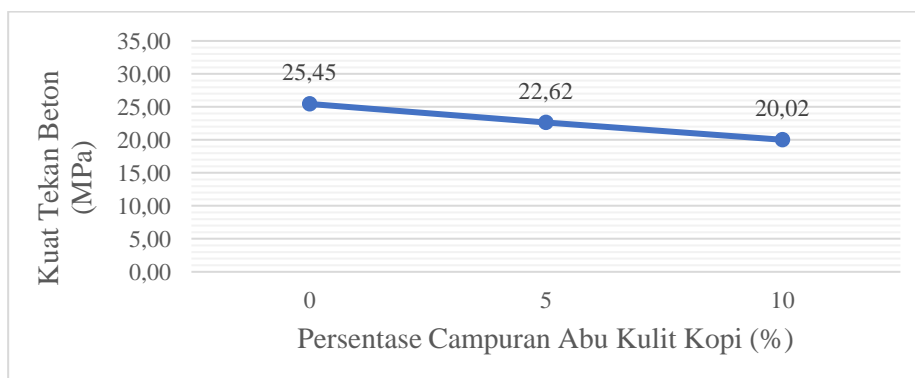


Gambar 2. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Serbuk Cangkang Telur

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa kuat tekan beton menurun seiring dengan meningkatnya serbuk cangkang telur pada campuran beton. Nilai kuat tekan beton normal didapatkan 21,70 MPa. Sedangkan kuat tekan beton dengan variasi serbuk cangkang telur 5% dan 10% mempunyai kuat tekan masing-masing sebesar 11,11 MPa dan 7,14 MPa.

Penggunaan cangkang telur dengan ukuran 4,75 mm ini menyebabkan adanya penurunan tekanan. Ukuran dan kekerasan dari cangkang telur yang rendah membuat terjadinya pecah pada saat proses pencampuran (*mixing*) beton. Pecahnya cangkang telur menjadi ukuran lebih kecil ini yang mengubah distribusi ukuran partikel beton yang sebelumnya sudah direncanakan. Sementara menurut Hakeem et al. penggunaan cangkang telur dengan ukuran 0,5 hingga 1 mm mampu meningkatkan kuat tekan sebesar 18,01% pada kadar penambahan 10%. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel cangkang telur sangat mempengaruhi terhadap kualitas beton.

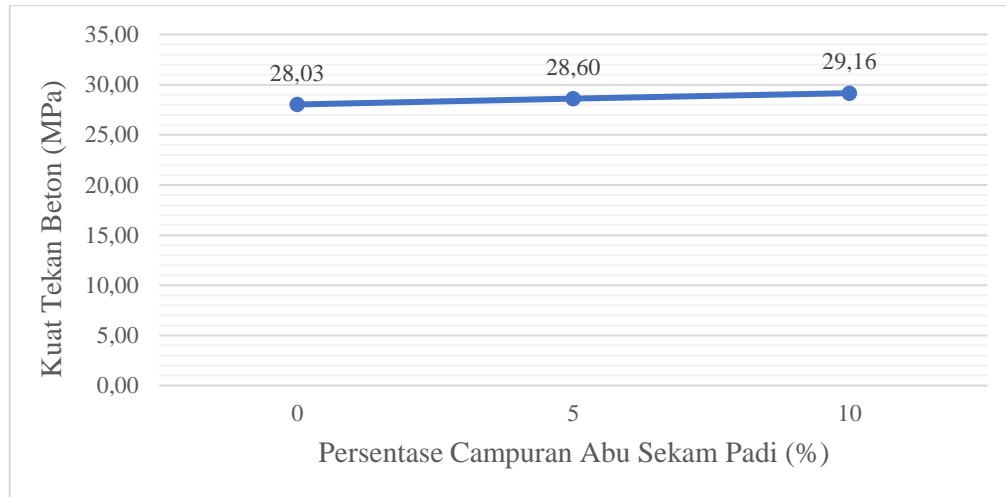
b. Abu Limbah Kulit Kopi



Gambar 3. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Abu Kulit Kopi

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa kuat tekan beton dengan variasi penggunaan kulit kopi pada usia 28 hari memiliki kuat tekan yang nilainya masih di bawah kuat tekan dari beton normal sendiri. Beton normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 25,45 MPa. Kinerja kuat tekan beton mencapai 78% - 84% dari kuat tekan beton normal. Beton dengan variasi persentase kulit kopi 5% memiliki kuat tekan sebesar 22,62 MPa, sedangkan pada beton dengan variasi persentase kulit kopi 10% memiliki kuat tekan beton sebesar 20,02 MPa. Dari hasil yang kita dapatkan ini, diketahui bahwa kedua beton tersebut masih memiliki nilai kuat tekan di bawah beton normal.

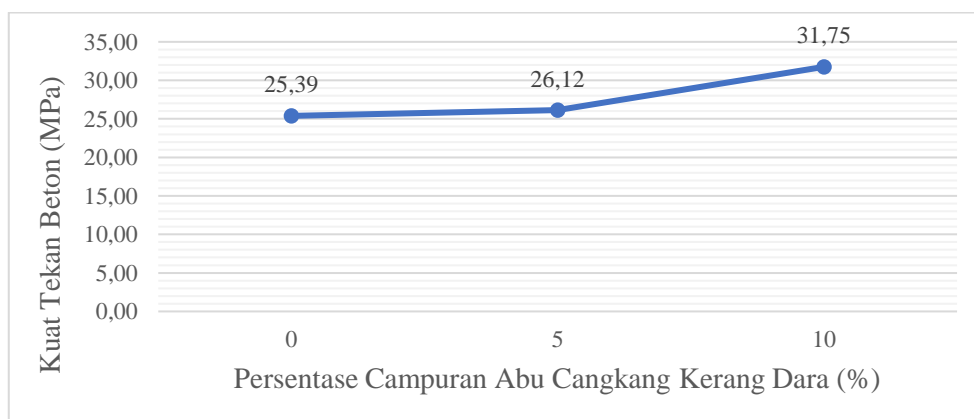
c. Abu Sekam Padi



Gambar 4. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa di usia 28 hari kuat tekan beton pada variasi persentase abu sekam padi 5% memiliki nilai kuat tekan sebesar 28,60 MPa, sedangkan pada variasi persentase 10% memiliki nilai kuat tekan sebesar 29,16 MPa. Sementara beton normal pada hasil pengujian ini diketahui memiliki kuat tekan sebesar 28,03 MPa. Maka dapat dikatakan beton dengan variasi persentase abu sekam padi 10% mengalami peningkatan kuat tekan beton jika dibandingkan dengan beton normal yang dihasilkan.

d. Limbah Cangkang Kerang Dara

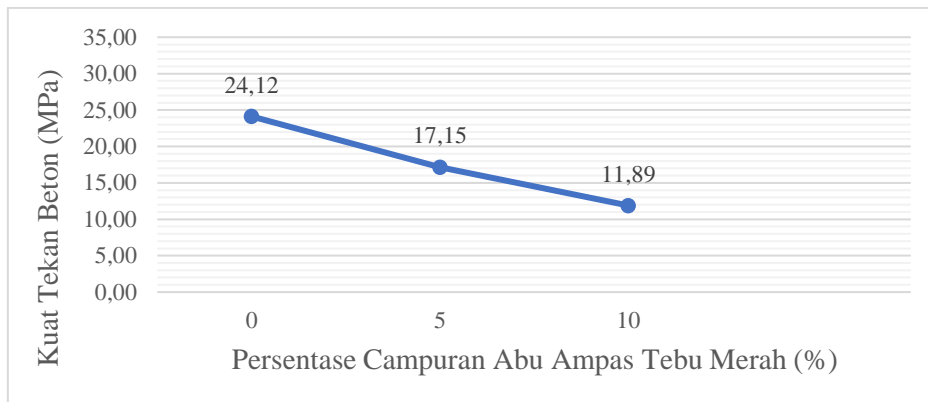


Gambar 5. Grafik Rekapitulasi Kuat Tekan Beton

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa pengujian kuat tekan beton di atas, diketahui bahwa pada usia 28 hari, beton normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 25,39 MPa. Sementara dari hasil substitusi semen yang dilakukan diketahui pada variasi persentase abu cangkang kerang dara 5% memiliki nilai kuat tekan sebesar 26,12 MPa. Sedangkan pada variasi persentase abu cangkang kerang dara 10% memiliki nilai kuat tekan sebesar 31,75 MPa. Jadi dapat dikatakan hasil pengujian kuat tekan di atas mengalami peningkatan nilai kuat tekan dari nilai kuat tekan beton normal itu sendiri. Hal ini bisa terjadi karena cangkang kerang dara memiliki sifat rekat apabila dicampur air pada campuran beton serta memiliki gradasi kategori agak halus sehingga memiliki peran optimal sebagai filter

dalam campuran beton. Selain itu, cangkang kerang dara juga memiliki kandungan mineral yang serupa dengan semen sehingga dapat mengisi dan mengikat material penyusun beton lainnya.

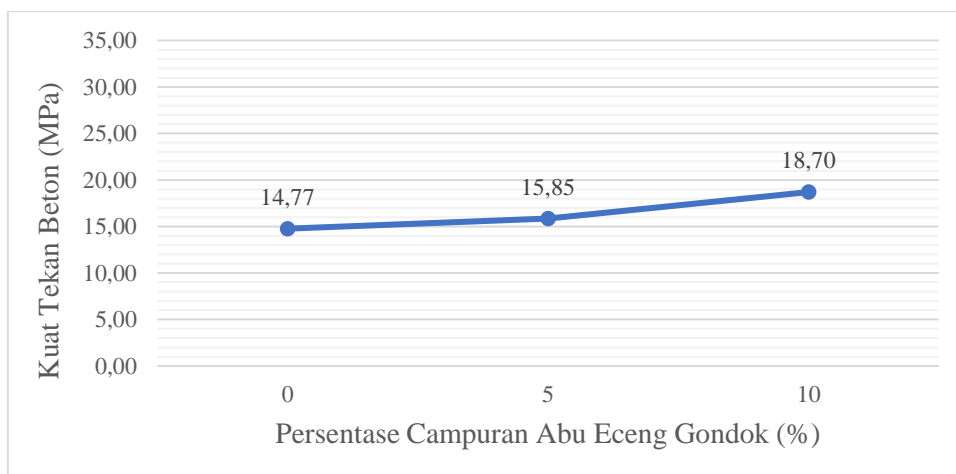
e. Abu Ampas Tebu Merah



Gambar 6. Kuat Tekan Beton Rata-Rata Umur 28 Hari

Berdasarkan Gambar 6 diketahui bahwa pada usia 28 hari beton memiliki kuat tekan sebesar 24,12 MPa. Sementara dari hasil substitusi semen, pada variasi persentase abu ampas tebu merah 5% memiliki nilai kuat tekan sebesar 17,15 MPa dan pada variasi persentase abu ampas tebu merah 10% memiliki kuat tekan sebesar 11,87 MPa. Kuat tekan beton mengalami penurunan pada setiap penambahan variasi serbuk ampas tebu merah tersebut. Hal ini disebabkan karena ampas tebu merah memiliki rongga pada serbuknya sehingga serbuk tersebut dapat menyerap air lebih besar dan terjadilah penggumpalan pada adukan beton serta membentuk bola berongga yang dapat mengurangi nilai kuat tekan beton.

f. Abu Eceng Gondok



Gambar 7. Hasil Perkembangan Nilai Kuat Tekan Beton

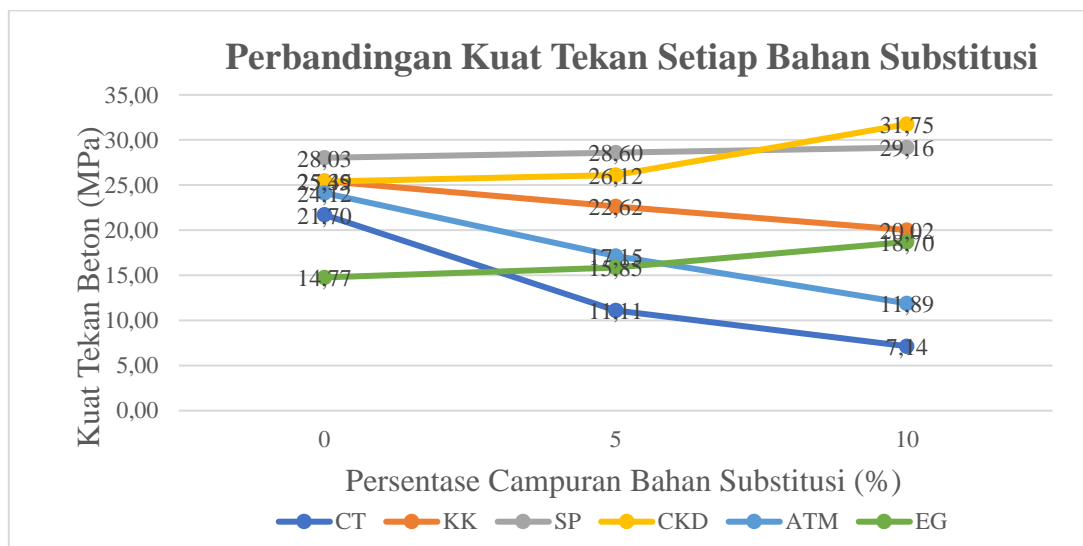
Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa pada usia 28 hari, beton dengan keadaan normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 14,77 MPa. Pada variasi 5% untuk substitusi abu eceng gondok memiliki nilai kuat tekan sebesar 15,85 MPa, sedangkan beton dengan substitusi abu eceng gondok variasi 10% menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 18,70 MPa. Adanya peningkatan diakibatkan abu eceng gondok membuat serapan air pada beton semakin kecil dibandingkan dengan beton normal.

Berdasarkan semua hasil kuat tekan beton pada usia 28 hari dengan mensubstitusi semen dengan limbah organik seperti limbah cangkang telur, kulit kopi, sekam padi, cangkang kerang dara, ampas tebu merah dan eceng gondok. Substitusi tersebut dilakukan dengan mengganti sebagian semen dengan variasi persentase bahan organik masing-masing sebesar 5% dan 10%.

Tabel 1. Data Perbandingan Kuat Tekan Beton dari Setiap Bahan Substitusi

No	Bahan Substitusi	Variasi Persentase (%)	Kuat Tekan Beton (28 Hari)
1	Cangkang Telur	Normal	21,70 MPa
		5	11,11 MPa
		10	7,14 MPa
2	Kulit Kopi	Normal	25,45 MPa
		5	22,62 MPa
		10	20,02 MPa
3	Sekam Padi	Normal	28,03 MPa
		5	28,60 MPa
		10	29,16 MPa
4	Cangkang Kerang Dara	Normal	25,39 MPa
		5	26,12 MPa
		10	31,75 MPa
5	Ampas Tebu Merah	Normal	24,12 MPa
		5	17,15 MPa
		10	11,87 MPa
6	Eceng Gondok	Normal	14,77 MPa
		5	15,85 MPa
		10	18,70 MPa

Untuk mengetahui kenaikan ataupun penurunan yang terjadi dari hasil substitusi semen tersebut, maka dapat dilihat dari Gambar 8 sebagai berikut.



Gambar 8. Data Perbandingan Kuat Tekan Beton dari Setiap Bahan Substitusi

4. Kesimpulan

Pengujian kuat tekan beton pada usia 28 hari dengan persentase variasi 5% dan 10% bahan organik yang dijadikan bahan substitusi semen menghasilkan sebuah bahan alternatif yang dapat menjadikan beton ramah lingkungan. Diketahui tidak semua bahan menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dari beton normal. Bahan yang dapat memberikan nilai kuat tekan yang lebih baik adalah abu sekam padi, abu cangkang kerang dara dan abu eceng gondok. Untuk variasi 5% bahan yang baik adalah abu sekam padi dengan nilai 28,60 MPa, sedangkan variasi 10% bahan yang baik digunakan adalah abu cangkang kerang dara karena memiliki kenaikan yang cukup tinggi menjadi 31,75 MPa. Maka ketiga bahan tersebut dapat dijadikan sebagai alternatif atau bahan substitusi semen yang dapat direkomendasikan untuk mendapatkan kuat tekan beton yang lebih dan ramah lingkungan.

Referensi

1. Alfari, I. K., dkk. (2024). *Pengaruh Pozzolan Buatan dari Abu Eceng Gondok terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Air Beton Normal*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2024, 2459-9727, 17–24.
2. Alfuady, F., Qubro, K. A., & Sabrina, R. N. (2023). *Analisis Cangkang Kerang Dara sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Beton*. *Jurnal Deformasi*, 8(2), 192–197.
3. Anwar, M., & Hidayat, R. (2022). *Pemanfaatan Limbah Pertanian sebagai Bahan Tambah Pozzolan dalam Campuran Beton Ramah Lingkungan*. *Jurnal Rekayasa Material*, 7(1), 34–42.
4. Arifin, D., & Sutopo, H. (2021). *Substitusi Parsial Semen dengan Abu Cangkang Telur terhadap Sifat Mekanik Beton*. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 87–95.
5. Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. SNI-2847-2019. Jakarta: BSN.
6. Bunyamin, dkk. (2023). *Limbah Cangkang Telur sebagai Inovasi Material Pengganti Agregat Halus Beton*. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil*, 6(1), 18–30.
7. Dewi, S. R., & Yuliana, P. (2022). *Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Tambah pada Beton Mutu Menengah*. *Jurnal Teknologi Konstruksi*, 9(3), 155–164.
8. Febriyanti, E., Wardi, & Khaidir, I. (2023). *Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi dari Kecamatan Tebo Tengah sebagai Pengganti Sebagian Semen terhadap Kuat Tekan Beton*. *Jurnal Bung Hatta*, 1(1), 145–146.
9. Hidayat, T., & Ramli, A. (2023). *Studi Eksperimen Beton Ramah Lingkungan Menggunakan Limbah Organik Sebagai Substitusi Semen*. *Jurnal Keteknik Sipil Indonesia*, 12(4), 201–210.
10. Junianto, I. (2021). *Kontribusi Industri Semen terhadap Emisi CO₂ Dunia*.
11. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). *Oase Kabinet dan KLHK Ajak Masyarakat Kelola Sampah Organik Menjadi Kompos*. <https://www.menlhk.go.id/news/oase-kabinet-dan-klhk-ajak-masyarakat-kelola-sampah-organik-menjadi-kompos/> [diakses 5 November 2025].
12. Nugraha, A., & Fathurrahman, L. (2020). *Kajian Substitusi Semen Menggunakan Abu Ampas Tebu terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. *Jurnal Rekayasa Konstruksi*, 8(2), 75–82.
13. Padang, I., & Honta, Z. L. (2024). *Pemanfaatan Abu Limbah Kulit Kopi Toraja sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Kuat Tekan Beton*. *Teaching and Learning Journal of Mandalika*, 5(1), 245–252.
14. Pratama, R. (2019). *Efek Rumah Kaca terhadap Bumi*. *Buletin Utama Teknik*, 14(2), 120–126.
15. Putra, D. A., & Santoso, R. (2021). *Pemanfaatan Limbah Pertanian sebagai Pozzolan dalam Beton Berkelanjutan*. *Jurnal Sains Terapan dan Teknologi*, 3(1), 62–71.
16. Rambe, M. R., dkk. (2024). *Pengaruh Penggunaan Limbah Ampas Tebu Merah sebagai Pengganti Semen terhadap Kuat Tekan Beton*. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(4), 375–391.
17. Sari, M. P., & Widodo, E. (2022). *Analisis Kinerja Beton dengan Substitusi Parsial Semen oleh Abu Sekam Padi dan Limbah Cangkang Telur*. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 9(2), 111–120.
18. Wijaya, F., & Rahayu, D. (2024). *Inovasi Material Ramah Lingkungan: Pemanfaatan Limbah Organik dalam Beton Hijau*. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, 6(2), 45–53.