

JURNAL KONSTRUKSI DAN INFRASTRUKTUR

Teknik Sipil dan Perencanaan

PENGARUH PENAMBAHAN SABUT KELAPA TERHADAP AGREGAT PADA KUAT TEKAN BETON K-175

Riska Febriana Siregar¹, Harsusani², Firmanilah Kamil^{3*}

^{1,2,3*}) Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Ketapang, Ketapang.
Email Penulis Korespondensi : firmalihkamil@politap.ac.id
Nomor HP Penulis Korespondensi : 082332979897

ABSTRACT

The use of organic waste as a substitute material in concrete mixtures is one of the efforts to reduce environmental impacts and optimize the utilization of existing natural resources. Coconut fiber, as one of the abundant agricultural wastes, has the potential to be used as an aggregate substitute in concrete. This study aims to analyze the effect of coconut fiber addition on the compressive strength of K-175 grade concrete. Coconut fiber was used as a partial replacement for coarse aggregate with variations of 0%, 0.3%, 0.5%, and 0.8%. Concrete was tested at 7, 14, and 28 days to measure the compressive strength produced at each test age. The results showed that the control concrete (without coconut fiber) produced the highest compressive strength at all test ages. The addition of coir caused a decrease in compressive strength, especially at 7 days, which was due to the interaction between coir and cement matrix which was not optimal at the initial stage of hydration. However, at 28 days, the concrete with coir addition showed an increase in compressive strength although it was not significant compared to the control concrete. The optimum level of coir that does not significantly reduce the concrete quality is about 0.3%. Despite the reduction in compressive strength, the concrete produced at this level still meets the strength standards required for lightweight concrete applications or concrete with medium strength specifications. This study suggests that coir can be considered as an alternative aggregate replacement material in the production of environmentally friendly concrete, with appropriate proportion adjustments to optimize concrete performance.

Keyword: aggregate, coconut fiber, concrete compressive strength, eco-friendly concrete, K-175 concrete.

1. PENDAHULUAN

Sebagai material utama dalam berbagai konstruksi modern, beton memegang peran penting dalam membangun infrastruktur seperti gedung, jembatan, dan jalan [1]. Material ini disukai karena kekuatannya yang tinggi serta kemampuan menyesuaikan berbagai kebutuhan konstruksi [2]. Namun, penggunaan beton yang masif juga membawa dampak negatif, terutama pada lingkungan [3]. Proses produksi bahan baku seperti agregat dan semen memerlukan sumber daya alam dalam jumlah besar, selain menghasilkan emisi karbon yang signifikan [4].

Dalam upaya mencari solusi untuk mengurangi dampak lingkungan tersebut, berbagai penelitian telah dilakukan untuk menemukan alternatif bahan baku beton yang lebih ramah lingkungan. Salah satu alternatif yang menarik perhatian adalah pemanfaatan limbah organik seperti sabut kelapa. Sabut kelapa merupakan limbah dari industri kelapa yang jumlahnya melimpah, terutama di negara tropis seperti Indonesia [5]. Berdasarkan data pada Asian and Pacific Coconut Community (APCC, 2017), Indonesia merupakan negara dengan perkebunan kelapa terluas kedua di dunia dengan luas 3.441 juta hektare dengan jumlah produksi mencapai 13.934 juta butir atau setara dengan 2.787 MT

kopra. Sumatra, Jawa, dan Sulawesi adalah tiga pulau utama yang memiliki produksi kelapa tertinggi di Indonesia [6].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa sabut kelapa memiliki karakteristik fisik yang menarik, seperti kekuatan tarik tinggi, elastisitas yang baik, serta kemampuan menyerap air [7]. Sabut kelapa dapat digunakan sebagai material tambahan dalam beton untuk meningkatkan ketahanan retak dan fleksibilitas, meskipun dapat memengaruhi kekuatan tekan beton [8]. Namun, penelitian terkait pengaruh penambahan sabut kelapa sebagai substitusi parsial agregat pada beton mutu rendah hingga sedang, seperti K-175, masih terbatas. Hal ini memberikan peluang untuk eksplorasi lebih lanjut dalam upaya memanfaatkan limbah sabut kelapa secara lebih efektif.

Studi mengenai beton ramah lingkungan telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir, termasuk penggunaan material daur ulang dan limbah organik sebagai bahan substitusi. Misalnya, penelitian oleh Mawardhi menemukan bahwa penambahan sabut kelapa dapat meningkatkan daya tahan beton terhadap retak akibat beban tarik [9]. Namun, penelitian ini berfokus pada beton 24,9 MPa.

Selain itu, sebagian besar studi hanya memanfaatkan sabut kelapa sebagai serat tambahan, bukan sebagai substitusi parsial agregat halus. Pendekatan ini berpotensi menghasilkan beton dengan karakteristik baru, yang lebih ringan namun tetap memenuhi standar kekuatan minimum. Penelitian ini mencoba menjawab celah tersebut dengan mengkaji efek substitusi parsial agregat kasar menggunakan sabut kelapa terhadap kuat tekan beton K-175. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kadar optimal sabut kelapa yang dapat digunakan tanpa mengurangi mutu beton secara signifikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan karena sifat mekaniknya yang unggul, terutama kekuatan tekan dan daya tahannya yang tinggi. Menurut Polopadang et al, beton terdiri atas campuran semen, air, agregat halus, dan agregat kasar yang membentuk massa homogen setelah proses hidrasi semen [10]. Penggunaan beton yang masif di seluruh dunia telah menyebabkan meningkatnya kebutuhan agregat, yang berkontribusi pada eksploitasi sumber daya alam dan dampak negatif terhadap lingkungan.

Untuk mengurangi dampak tersebut, penelitian tentang pengembangan beton ramah lingkungan terus dilakukan. Salah satu pendekatannya adalah memanfaatkan limbah organik sebagai bahan substitusi dalam campuran beton. Masduqi et al mengemukakan bahwa penggunaan material limbah dapat mengurangi ketergantungan terhadap agregat konvensional, sekaligus memberikan solusi terhadap masalah limbah yang terus meningkat [11].

Sabut kelapa, sebagai salah satu limbah organik, telah diteliti potensinya dalam meningkatkan kinerja beton. Studi oleh Zai et al menunjukkan bahwa penambahan sabut kelapa sebagai serat dalam campuran beton dapat meningkatkan ketahanan retak beton akibat beban tarik. Hal ini disebabkan oleh sifat fisik sabut kelapa yang elastis dan kuat secara mekanik [12].

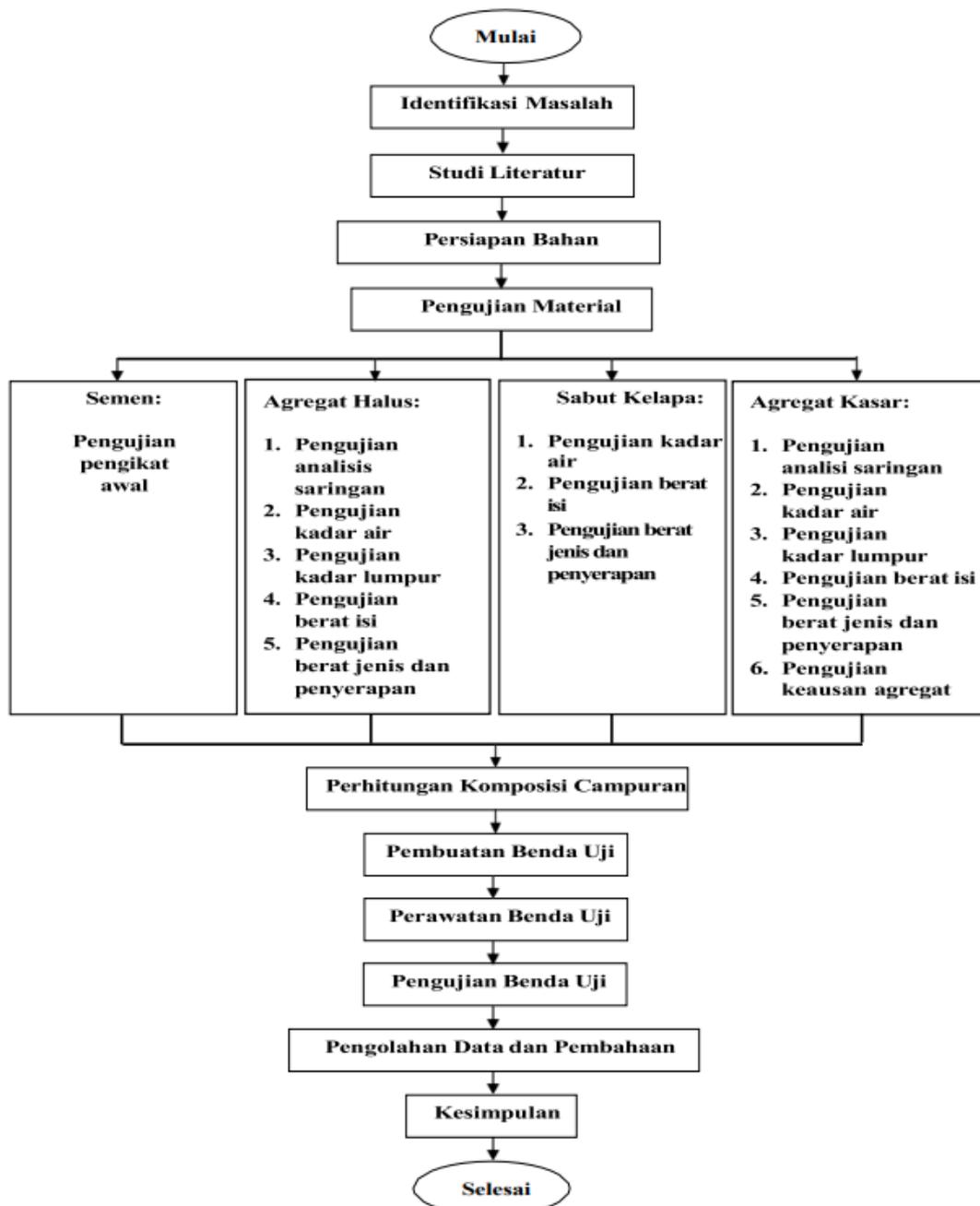
Dalam penelitian lain, penggunaan sabut kelapa sebagai substitusi parsial agregat kasar masih belum banyak dikaji. Sabut kelapa memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan agregat konvensional, sehingga dapat menghasilkan beton yang lebih ringan. Namun, seperti yang dicatat oleh Saputro et al, sifat penyerapan air sabut kelapa yang tinggi dapat memengaruhi workability dan kekompakan campuran beton, sehingga diperlukan pengaturan komposisi yang tepat [13].

Penggunaan limbah organik seperti sabut kelapa juga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia, sabut kelapa merupakan salah satu limbah yang paling

melimpah di negara tropis. Namun, pemanfaatannya sebagai material konstruksi masih minim, sehingga penelitian ini berkontribusi pada inovasi pemanfaatan sumber daya lokal.

SNI 03-2847-2002 menjadi acuan utama dalam perancangan beton di Indonesia. Standar ini memberikan panduan mengenai karakteristik mekanik yang harus dipenuhi oleh beton, termasuk kuat tekan untuk berbagai kelas mutu. Dalam konteks ini, penelitian terhadap beton K-175 sangat relevan karena mutu ini banyak digunakan dalam konstruksi skala kecil hingga menengah.

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk mengevaluasi pengaruh penambahan sabut kelapa sebagai substitusi parsial agregat kasar pada beton mutu K-175. Proses penelitian dilakukan di laboratorium dengan beberapa tahapan utama, yaitu persiapan bahan, pembuatan benda uji, dan pengujian kuat tekan beton pada umur 7 dan 14 hari.

Bahan-bahan yang digunakan meliputi semen portland tipe I, agregat kasar berupa kerikil, agregat halus berupa pasir, air bersih, serta sabut kelapa yang telah diproses. Sabut kelapa dikeringkan dan dipotong menjadi ukuran kecil (kurang dari 2 cm) untuk memudahkan pencampuran dengan beton. Variasi sabut kelapa yang digunakan adalah 0% (kontrol), 0,3%, 0,5%, dan 0,8% dari berat total agregat kasar.

Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm × 15 cm × 15 cm dibuat untuk setiap variasi campuran. Campuran beton disiapkan sesuai dengan perhitungan komposisi berdasarkan SNI 03-2834-2000. Semua campuran dicampur menggunakan mixer beton untuk memastikan homogenitas, kemudian dituangkan ke dalam cetakan kubus yang telah dilumasi dengan oli. Setelah pencetakan, benda uji diratakan permukaannya dan dibiarkan selama 24 jam untuk proses setting awal. Selanjutnya, benda uji direndam dalam air selama 7 dan 14 hari untuk proses curing.

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas maksimum 200 ton. Pengujian dilakukan sesuai dengan prosedur yang tercantum dalam SNI 03-1974-1990. Data yang diperoleh berupa kuat tekan beton (MPa) dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh variasi sabut kelapa terhadap performa beton K-175.

Selain itu, penelitian ini juga mencatat aspek workability setiap campuran menggunakan uji slump untuk memastikan bahwa nilai slump memenuhi rentang yang diizinkan oleh SNI 03-2834-2000. Hasil pengujian kuat tekan pada masing-masing umur beton dibandingkan untuk menentukan kadar optimal sabut kelapa yang memberikan kinerja terbaik tanpa mengurangi mutu beton secara signifikan. Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah analisis dan interpretasi.

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Tabel 1. Hasil Uji Material

Pengujian	Agregat Halus	Agregat Kasar	Bottom Ash
Kadar Air	3,24 %	1,76%	0,25
Berat Isi	1,22	1,55	0,09
Berat Jenis	2,94 gr/cm ³	2,98 gr/cm ³	1,125
Penyerapan Air	4,60 %	2,05 %	0,83
Modulus Kehalusan	4,02	3,83	4,07
Kadar Lumpur	9,5%	2,83 %	-
Keausan	-	31,28 %	-

Sumber: Hasil Analisis, 2024.

Penelitian ini diawali dengan pengujian karakteristik material yang digunakan, meliputi agregat halus, agregat kasar, dan sabut kelapa (yang diwakili data bottom ash sebagai pembanding dalam pengujian tertentu). Tabel 1 menyajikan hasil pengujian material yang mencakup kadar air, berat isi, berat jenis, penyerapan air, modulus kehalusan, kadar lumpur, dan keausan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air agregat halus adalah 3,24%, lebih tinggi dibandingkan agregat kasar (1,76%) dan bottom ash (0,25%). Nilai ini menunjukkan bahwa agregat halus memiliki kemampuan menyerap air yang lebih tinggi selama proses pencampuran, yang dapat memengaruhi workability campuran beton. Bottom ash memiliki kadar air yang sangat rendah, menunjukkan sifatnya yang lebih kering dibandingkan material lainnya.

Berat isi agregat kasar adalah 1,55 gr/cm³, lebih besar dibandingkan agregat halus (1,22 gr/cm³) dan bottom ash (0,09 gr/cm³). Berat isi yang rendah pada bottom ash menunjukkan bahwa material ini lebih ringan, sehingga potensi penggunaannya dapat memengaruhi berat total beton. Agregat kasar memiliki nilai tertinggi, yang mendukung kekuatan struktural beton.

Berat jenis agregat kasar adalah 2,98 gr/cm³, sedikit lebih besar dibandingkan agregat halus (2,94 gr/cm³), sementara bottom ash hanya memiliki berat jenis sebesar 1,125 gr/cm³. Nilai berat jenis

bottom ash yang rendah menegaskan potensinya sebagai bahan ringan untuk aplikasi khusus pada beton. Namun, sifat ini juga dapat memengaruhi kuat tekan jika tidak diperhatikan proporsinya dalam campuran.

Agregat halus memiliki penyerapan air tertinggi (4,60%), diikuti agregat kasar (2,05%) dan bottom ash (0,83%). Penyerapan air yang tinggi pada agregat halus menunjukkan bahwa material ini cenderung membutuhkan lebih banyak air saat pencampuran untuk mencapai workability yang diinginkan. Bottom ash memiliki tingkat penyerapan air yang rendah, yang dapat membantu mengontrol kadar air total dalam campuran beton.

Modulus kehalusan menunjukkan tingkat kehalusan material. Agregat halus memiliki modulus kehalusan sebesar 4,02, lebih besar dibandingkan agregat kasar (3,83). Bottom ash memiliki nilai tertinggi sebesar 4,07, menandakan bahwa material ini memiliki gradasi partikel yang lebih kasar dan cenderung menyerupai agregat halus. Hal ini memberikan kontribusi pada interaksi mekanis di dalam campuran beton.

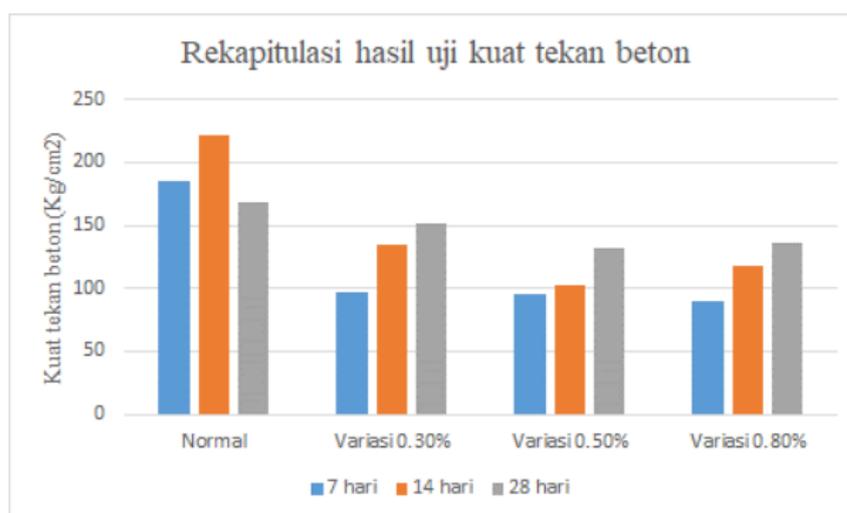
Kadar lumpur pada agregat halus (9,5%) jauh lebih tinggi dibandingkan agregat kasar (2,83%). Tingginya kadar lumpur pada agregat halus menunjukkan perlunya pencucian untuk mengurangi pengaruh negatifnya terhadap ikatan antar material dalam beton. Bottom ash tidak memiliki kadar lumpur yang terukur, yang dapat memberikan keunggulan dalam menjaga kebersihan campuran.

Nilai keausan hanya diukur untuk agregat kasar, yaitu sebesar 31,28%. Nilai ini menunjukkan ketahanan agregat kasar terhadap abrasi dan pengikisan, yang sesuai dengan standar untuk beton struktural. Keausan pada bottom ash tidak diukur karena sifat material ini lebih relevan pada aplikasi agregat ringan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Sampel	Hasil Kuat Tekan 7 Hari	Hasil Kuat Tekan 14 Hari	Estimasi Kuat Tekan 28 Hari
1	Variasi 0%	121,46	132,79	186,86
2	Variasi 0,3%	96,98	134,60	152,96
3	Variasi 0,5%	95,63	102,88	147,12
4	Variasi 0,8%	90,41	117,61	139,10

Sumber: Hasil Analisis, 2024.



Sumber: Hasil Analisis, 2024.

Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa sampel dengan variasi 0% (tanpa tambahan bahan tambahan) memiliki hasil kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang menggunakan variasi bahan tambahan. Pada umur 7 hari, sampel dengan variasi 0% menghasilkan kuat tekan sebesar 121,46 MPa, yang meningkat menjadi 132,79 MPa pada umur 14

hari, dan diperkirakan mencapai 186,86 MPa pada umur 28 hari. Sementara itu, pada sampel dengan variasi 0,3%, meskipun mengalami peningkatan kuat tekan dari 96,98 MPa (7 hari) menjadi 134,60 MPa (14 hari), estimasi kuat tekan pada 28 hari hanya mencapai 152,96 MPa, lebih rendah dibandingkan variasi 0%. Begitu pula pada sampel dengan variasi 0,5% dan 0,8%, meskipun ada peningkatan pada umur 14 hari, hasil kuat tekan yang tercatat tetap lebih rendah dari sampel variasi 0%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bahan tambahan berpengaruh terhadap penurunan kuat tekan beton, yang mungkin disebabkan oleh faktor komposisi campuran yang mempengaruhi hidrasi semen dan kekuatan material. Namun, peningkatan kekuatan tekan pada umur 14 hari menunjukkan potensi perbaikan seiring berjalannya waktu, meskipun tetap tidak mencapai kekuatan beton tanpa bahan tambahan.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan sabut kelapa sebagai pengganti sebagian agregat terhadap kuat tekan beton mutu K-175. Hasil pengujian kuat tekan beton pada berbagai variasi penambahan sabut kelapa menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada kuat tekan beton. Berdasarkan hasil uji, variasi 0% sabut kelapa (kontrol) menunjukkan hasil kuat tekan tertinggi pada umur 7, 14, dan 28 hari, diikuti oleh variasi penambahan sabut kelapa dengan persentase yang lebih rendah, yang semakin menurunkan kekuatan beton. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penambahan bahan substitusi seperti sabut kelapa dapat mempengaruhi kuat tekan beton, tergantung pada komposisi dan proporsi bahan yang digunakan.

Hasil penelitian ini juga mencerminkan temuan yang ada dalam beberapa studi terkait pemanfaatan limbah organik seperti sabut kelapa dalam beton. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Rahim & Darri menunjukkan bahwa penambahan sabut kelapa hingga 2% dapat menurunkan kuat tekan beton [14]. Hal ini serupa dengan hasil penelitian ini, yang menunjukkan bahwa meskipun sabut kelapa memiliki potensi untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu dalam beton, penambahan bahan tersebut dapat mengurangi kekuatan mekanik beton jika tidak diimbangi dengan penyesuaian komposisi yang tepat.

Pada umur 7 hari, hasil kuat tekan beton dengan penambahan sabut kelapa menunjukkan penurunan yang signifikan dibandingkan kontrol. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Nurfatimah & Wulandari yang menyatakan bahwa beton dengan penambahan limbah organik seperti sabut kelapa atau serbuk kayu cenderung memiliki kekuatan awal yang lebih rendah [15]. Penurunan ini disebabkan oleh faktor interaksi antara sabut kelapa dan matriks semen yang kurang optimal dalam proses hidrasi pada tahap awal, sehingga mempengaruhi kekuatan beton pada umur yang lebih muda.

Namun, pada umur 28 hari, ada peningkatan kekuatan tekan pada beberapa variasi beton dengan sabut kelapa, meskipun tidak signifikan dibandingkan dengan beton kontrol. Faktor lain yang mempengaruhi kuat tekan beton dalam penelitian ini adalah sifat fisik sabut kelapa itu sendiri, yang memiliki kepadatan lebih rendah dibandingkan agregat konvensional seperti pasir dan batu pecah. Menurut penelitian oleh Febriana et al, kepadatan yang rendah dari sabut kelapa berpengaruh terhadap penurunan kekuatan beton karena meningkatkan porositas beton, yang mengarah pada penurunan massa dan volume beton yang terisi padatan [16]. Meskipun demikian, penggunaan sabut kelapa sebagai bahan pengganti agregat dapat meningkatkan sifat insulasi termal dan akustik beton, yang merupakan keuntungan lain dari pemanfaatan bahan limbah organik dalam beton.

Selain itu, dalam penelitian ini, penurunan kuat tekan beton dengan penambahan sabut kelapa pada variasi 0,3% hingga 0,8% juga mengindikasikan pentingnya proporsi yang tepat dalam campuran beton. Penelitian sebelumnya oleh Aulia & Mahyudin menunjukkan bahwa proporsi yang berlebihan dari bahan pengganti, seperti sabut kelapa, dapat mengganggu integritas beton, menyebabkan penurunan kekuatan mekanik [17]. Penyesuaian proporsi bahan tersebut sangat penting untuk memastikan bahwa beton yang dihasilkan memiliki kualitas yang memenuhi standar.

Penelitian ini juga menemukan bahwa variasi beton dengan sabut kelapa pada umur 14 hari mengalami peningkatan kekuatan yang lebih signifikan dibandingkan pada umur 7 hari, meskipun tidak mencapai kekuatan kontrol. Secara keseluruhan, temuan penelitian ini mendukung pemikiran bahwa penggunaan sabut kelapa sebagai bahan pengganti agregat dalam beton dapat memberikan hasil yang bervariasi tergantung pada jenis, proporsi, dan metode pengolahan bahan.

Di sisi lain, meskipun ada penurunan kuat tekan beton dengan sabut kelapa pada penelitian ini, beberapa penelitian lainnya, seperti yang dilakukan oleh Sarmadika et al, menunjukkan bahwa sabut kelapa dapat digunakan dalam beton dengan tujuan spesifik, misalnya untuk aplikasi beton ringan atau beton yang tidak membutuhkan kekuatan tinggi [18]. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan metode pengolahan sabut kelapa yang lebih baik, seperti perendaman atau perlakuan panas, yang dapat meningkatkan keterikatan antara sabut kelapa dan semen, sehingga memperbaiki kualitas beton.

Terakhir, meskipun hasil penelitian ini menunjukkan penurunan kuat tekan beton dengan penambahan sabut kelapa, penelitian lebih lanjut yang berfokus pada optimasi campuran beton dan metode pengolahan sabut kelapa berpotensi memberikan alternatif yang lebih baik dalam menghasilkan beton ramah lingkungan yang memiliki performa sesuai dengan standar yang ditetapkan.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan sabut kelapa dapat mempengaruhi kuat tekan beton, terutama pada umur awal. Kadar optimal sabut kelapa yang dapat digunakan tanpa mengurangi mutu beton secara signifikan adalah sekitar 0,3%. Pada kadar ini, meskipun terjadi penurunan kuat tekan, kekuatan beton pada umur 28 hari masih memadai dan dapat dipertimbangkan sebagai alternatif bahan pengganti agregat.

REFERENSI

- [1] J. O. Simanjuntak, T. E. Saragi, N. I. Simanjuntak, and I. Hulu, "Pengujian Kuat Tekan Beton Terhadap Penggunaan Cangkang Kemiri Pada Beton Ramah Lingkungan," *Jurnal Darma Agung*, vol. 29, no. 1, pp. 146-154, 2021.
- [2] B. R. C. Pradipa, "Material Penyusun Dan Formula Campuran Beton PT. ADHI PERSADA BETON PABRIK MARGOREJO," *IKRA-ITH Teknologi Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 7, no. 3, pp. 121-139, 2023.
- [3] S. Indra, M. Erfan, R. Andinisari, and N. R. Aprilia, "Pengaruh Serat Limbah Kaleng Aluminium Pada Campuran Beton Terhadap Karakteristik Mekanis Beton," *Prosiding SEMSINA*, vol. 4, no. 01, pp. 284-295, 2023.
- [4] A. M. Tanjung, R. Gonzales, A. Seprianti, and R. Izati, "Analisis Pemanfaatan Limbah Terak Nikel (Slag) sebagai Bahan Baku Pembuatan Shotcrete dan Penanganan Limbah Lumpur Nikel (Slurry) untuk Mengurangi Dampak Pencemaran Lingkungan," *Jurnal Migasian*, vol. 6, no. 2, pp. 11-22, 2022.
- [5] A. Triantoro, A. Mustofa, and A. W. Saputri, "Studi Pemanfaatan Campuran Bottom Ash Batubara Dengan Serbuk Kayu Dan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Biobriket Ditinjau Dari Parameter Kualitas," *Jurnal GEOSAPTA*, vol. 7, no. 1, 2021.
- [6] M. S. Renaldi, M. D. Prayoga, N. Febryansyah, and R. Wikansari, "Potensi Ekspor Cocopeat Indonesia ke China dan Jepang," *Jurnal Ilmiah Research Student*, vol. 2, no. 1, pp. 553-562, 2025.
- [7] F. Vietanti, N. Basuki, and S. Ma'arif, "Pengaruh Jumlah Layer dan Jenis Matriks pada Serat Hibrida Sabut Kelapa/Woven terhadap Kekuatan Tarik dan Impak," in *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, vol. 2, pp. 361-366, Mar. 2022.
- [8] I. Auliyasari, W. E. Primaningtyas, W. D. Pratiwi, and R. Akseptori, "Pengaruh Penambahan Fly ash Pada Cementitious Composite Dengan Pasir Limbah Sandblasting dan Serat Sabut Kelapa," in *Seminar MASTER PPNS*, vol. 9, no. 1, pp. 11-19, Oct. 2024.

- [9] Y. F. Mawardhi, "Kajian Pengaruh Penambahan Serabut Kelapa dan Damdex Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton," Ph.D. dissertation, Universitas Islam Indonesia, 2024.
- [10] J. Polopadang, M. D. Sumajouw, and S. O. Dapas, "Studi Eksperimental Kuat Tarik Lentur Beton Menggunakan Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 11, no. 1, pp. 11-16, 2023.
- [11] I. P. Masduqi, I. A. Y. P. Pratama, and M. A. Maulana, "Integrasi Botol Kaca Hancur Sebagai Agregat Dalam Pembuatan Paving Blok Ramah Lingkungan," *Jurnal Teknologi Cerdas*, vol. 1, no. 1, pp. 16-20, 2024.
- [12] E. O. Zai, J. O. Simanjuntak, and E. P. Hutagalung, "Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa terhadap Kuat Tekan Beton," *Jurnal Construct*, vol. 1, no. 2, pp. 1-14, 2022.
- [13] E. N. D. Saputro, M. A. S. Al Fathoni, and B. Afriandini, "Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Lentur Pada Beton Dengan Mutu 20 MPa," *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, vol. 7, no. 2, 2022.
- [14] H. Rahim and S. Darri, "Pengaruh Penambahan Tempurung dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Sedang (30 MPa)," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*, vol. 9, no. 1, pp. 222-226, Dec. 2022.
- [15] N. Nurfatihah and S. Wulandari, "Pengaruh Penambahan Serbuk Karet dan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Parameter Tanah Lempung pada Pengujian Konsolidasi dan Kuat Geser Langsung," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 19, no. 1, pp. 146-157, 2023.
- [16] A. M. Febriana, S. Nisumanti, and U. S. Minaka, "Pengaruh Penambahan Abu Serabut Kelapa dan Sikacim Concrete Additive terhadap Kuat Tekan Beton," *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 74-81, 2022.
- [17] H. Aulia and A. Mahyudin, "Pengaruh Persentase Fly ash terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Beton Ringan dengan Filler Serat Sabut Pinang," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 13, no. 4, pp. 452-458, 2024.
- [18] I. N. A. Sarmadika, I. W. Artana, and I. W. Muka, "Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa dengan Serbuk Kayu terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton," *Widya Teknik*, vol. 17, no. 01, pp. 1-73, 2022.