

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH *FLY ASH* DAN SERAT KELAPA PADA BETON UNTUK PERKERASAN KAKU

AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE INFLUENCE OF *FLY ASH* AND COCONUT FIBER IN CONCRETE FOR RIGID PAVEMENT

Etri Suhelmidawati^{1*}, Oni Guspari², Rahmi Hidayati³, Putri Rahmadani⁴,
Razaq Prima⁵

Politeknik Negeri Padang, Jurusan Teknik Sipil, Kampus Limau Manis 25163 Padang, Indonesia
Telp. 0751-72590 Fax.0751-72576

e-mail: etri.sarins@gmail.com, oniguspari50@gmail.com, mimi_rainbow38@yahoo.com

ABSTRAK

Concrete structures are very vulnerable to cracking due to the brittle nature of the material and strong against pressure, but weak against tension. Meanwhile, green technology and sustainable material are popular nowadays due to global warming issues. Therefore, substituting material in concrete which are come from waste disposal are used in this research. Waste materials as a substitute for aggregate in concrete is currently increasing as the demand of green technology. In this research, the waste material used are fly ash and coconut fiber. Fly Ash as the replacement of cement from PLTU of Teluk Sirih and coconut fiber from Padang Pariaman will be studied. The aim of this research was to find out the effect of using Fly Ash and coconut fiber on the compressive strength and flexural strength of concrete. For the use of fiber, soaking will be carried out using NaOH which will affect the wettability angle of the fiber. The experimental method was used in this study, while the tests carried out included material testing, compressive strength test and flexural strength test. Tests carried out refer to the American Standard Testing and Materials (ASTM). Mix design were investigated based on ACI 211 4R-93 for High Strength Concrete. Based on the experimental results, the highest value of compressive strength test was attained in the 4th concrete variation with a concrete mixture of 15% Fly Ash + 1% Coconut Fiber + Sika Viscocrete with a value of 32.1 MPa and the flexural strength value as of 5.3 Mpa.

Keywords: concrete, Fly Ash, coconut fiber, strength

I. PENDAHULUAN

Beton rigid kini semakin populer untuk jalan, seiring dengan peningkatan struktur beton untuk pembangunan infrastruktur nasional. Seperti diketahui, struktur yang terbuat dari beton sangat rentan terhadap retak, karena sifat materialnya yang getas. Sifat tarik yang lemah menyebabkan beton pecah ketika tegangan maksimum tercapai.

Fly Ash dikenal sebagai produk sampingan dari industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), berupa butiran halus ringan, bulat non-pori, dan bersifat pozzolanik. Penambahan Fly Ash sebagai pengganti semen dalam persentase tertentu pada campuran beton dapat menjadi aditif yang baik untuk beton. Pozzolan adalah material yang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa untuk membentuk senyawa semen. Penambahan Fly Ash diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan atau tegangan beton, baik terkekang maupun tidak terkekang [1]. Klasifikasi penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimental yang menganalisis karakteristik tegangan-regangan beton mutu normal yang

ditambahkan Fly Ash sebagai pengganti semen. Variasi penambahan Fly Ash adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Dari hasil percobaan, ditemukan bahwa ada peningkatan rata-rata FC sebesar 16,86% untuk beton yang menggunakan sengkang dibandingkan dengan beton tanpa sengkang. f_c' optimum beton tanpa sengkang dicapai dengan penambahan Fly Ash 15%, sedangkan f_c' optimum beton yang menggunakan sengkang dicapai dengan penambahan Fly Ash 10% [2].

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Pd T-14-2003), beton yang cocok digunakan sebagai perkerasan kaku memiliki karakteristik dengan nilai kuat tarik lentur berkisar 3 hingga 5 MPa dan nilai kuat tekan beton berkisar 16 hingga 44,4 MPa. Dalam upaya menghasilkan beton berkualitas yang memenuhi standar ini, inovasi dan penggunaan teknologi modern dibutuhkan yang dapat menciptakan produk beton berkualitas unggul. Salah satu bentuk inovasi terbaru adalah

menggunakan limbah abu batu bara dan serat sabut kelapa sebagai komponen tambahan dalam pembuatan beton. Penggunaan Fly Ash yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara berpotensi memperkuat struktur beton secara keseluruhan, sedangkan serat sabut kelapa dalam beton memiliki dampak positif pada sifat mekanik dan fungsional beton. Serat-serat ini dapat memberikan penguatan pada beton dengan meningkatkan ketahanan tarik lentur dan mencegah retak pada beton, serta serat sabut kelapa juga mampu menjaga stabilitas dimensi beton saat terpapar suhu ekstrem, seperti suhu tinggi [3].

Serat sabut kelapa adalah salah satu biomassa yang mudah didapatkan dari produk sampingan pertanian. Serat sabut kelapa juga direndam menggunakan larutan NaOH selama 24 jam untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan serat sabut kelapa [4]. Buah kelapa adalah buah yang dapat digunakan secara keseluruhan, mulai dari produk utama yaitu daging buah, hingga produk sampingan yang terdiri dari air, tempurung, dan sabut kelapa. Indonesia, sebagai salah satu negara penghasil kelapa terbanyak di dunia, masih relatif kurang dalam pemanfaatan kelapa. Hal ini dibuktikan dengan fakta bahwa industri pengolahan buah kelapa di Indonesia umumnya masih terfokus pada pengolahan daging buah sebagai produk utama, sedangkan industri yang mengolah produk sampingan buah (by-products) seperti air, serat, dan tempurung kelapa masih berskala tradisional dan kecil, meskipun potensi ketersediaan bahan baku untuk membangun industri pengolahan masih sangat besar [5].

II. METODE

A. Material

Agregat kasar yang digunakan adalah split dengan ukuran maksimum 20 mm dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian adalah material alami dari Lubuk Alung, Sumatera Barat. Serat sabut kelapa (lihat Gbr.1) yang digunakan adalah bahan limbah dari Pariaman, Sumatera Barat. Fly Ash berasal dari PLTU Teluk Sirih, Padang, Sumatera Barat. Selain Fly Ash dan serat sabut kelapa, bahan kimia tambahan yang digunakan adalah zat adiktif jenis Sika Viscocrete 1003 yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air yang banyak dan sebagai bahan pengikat dalam beton [6], [7]. Penambahan Fly Ash dan serat sabut kelapa pada campuran beton telah diupayakan, di mana Fly Ash digunakan sebagai variabel dependen dengan persentase 15% dari berat semen, sedangkan variabel independen menggunakan serat sabut kelapa dengan komposisi 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dari berat

agregat halus. Proporsi campuran dari setiap variasi dijelaskan dalam Tabel 1.

Melalui penelitian ini, diharapkan penggunaan Fly Ash dan serat sabut kelapa berpotensi untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton.



(a)



(b)

Gambar 1 Serat kelapa, (a) sebelum direndam NaOH, (b) setelah direndam NaOH

Tabel 1 Komposisi Campuran (Kg/m³)

Spesimen	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar	Air	Fly Ash	Serat kelapa
A Kontrol	431.46	555.41	1105.46	159.08	76.14	0
B (0.5% serat)	431.46	555.41	1105.46	159.08	76.14	2.16
C (0.75% serat)	431.46	555.41	1105.46	159.08	76.14	3.23
D (1% serat)	431.46	555.41	1105.46	159.08	76.14	4.31

B. Persiapan dan Pengujian Material Format

Penelitian ini melibatkan pengujian material, kuat tekan, dan kuat lentur beton [8]. Pengujian dilakukan berdasarkan standar American Standard Testing and Materials (ASTM) di Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan komposisi optimum Fly Ash dan serat sabut kelapa sebagai bahan tambahan dalam beton. Variasi A (0%) tanpa serat, Fly Ash dan zat aditif sebagai sampel kontrol, Variasi B (0.5% serat) dengan NaOH, Fly Ash dan zat aditif, Variasi C (0.75% serat) NaOH, Fly Ash dan zat aditif, Variasi D (1% serat) NaOH, Fly Ash dan zat aditif. Metode desain campuran untuk beton kekuatan tinggi didasarkan pada ACI 211 Guide 4R-93 [9],

"Selecting Proportions of High Strength Concrete".

Desain perkerasan kaku didasarkan pada ASTM [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16].

Serat sabut kelapa yang digunakan memiliki panjang 5 cm dan dikumpulkan di Pariaman, yang merupakan daerah dengan ketersediaan serat sabut kelapa melimpah. Persentase serat yang digunakan adalah 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1%. Sebelum menjadi serat sabut kelapa, sabut kelapa dipisahkan terlebih dahulu menggunakan mesin pemisah serat sabut kelapa. Larutan NaOH yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2%. Metode perendaman NaOH berarti 1 kg serat sabut kelapa direndam dalam 3 liter larutan NaOH dan ditunggu selama 24 jam, kemudian serat sabut kelapa yang telah direndam dikeringkan di bawah sinar matahari [17].



(a)



(b)



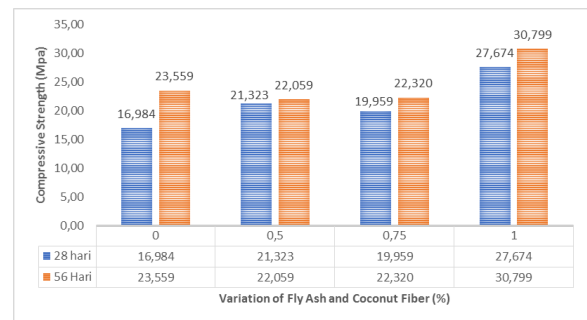
(c)

Gambar 2 Spesimen balok (a), Spesimen silinder (b), Perendaman benda uji (c)

III. HASIL DAN ANALISA

A. Kuat Tekan

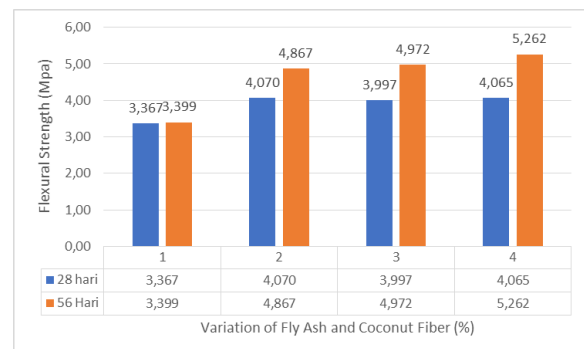
Pada variasi A (normal 0%), yang tidak menggunakan zat aditif, untuk beton berkualitas tinggi hasilnya dapat terlihat pada umur 56 hari ke atas. Penambahan serat pada penelitian ini sebenarnya tidak memengaruhi kuat tekan yang direncanakan. Namun, pada pengujian ini, kuat tekan tertinggi dihasilkan pada variasi D (1%) dengan campuran zat aditif dan 15% *Fly Ash* pada umur 56 hari, mencapai 30,8 MPa. Dari grafik pada Gambar 3.1, terlihat bahwa pencampuran 15% *Fly Ash* mampu meningkatkan kuat tekan beton atau tegangan beton, baik terkekang maupun tidak terkekang.



Gambar 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

B. Kuat Lentur

Pada pengujian kuat lentur beton, terlihat bahwa banyaknya serat sabut kelapa yang ditambahkan dapat menahan dan mengendalikan pola retak yang terjadi. Dari hasil uji lentur, nilai tertinggi dicapai pada umur 56 hari pada variasi D (1% serat). Ini menunjukkan bahwa semakin banyak serat sabut kelapa yang ditambahkan, semakin tinggi kuat lentur beton, bahkan melebihi 4,5 MPa. Dari grafik pada Gambar 4, dapat disimpulkan bahwa penambahan serat sabut kelapa pada campuran beton meningkatkan kuat lentur beton. Hal ini karena serat sabut kelapa mampu menahan pola retak dan menahan tegangan yang terjadi pada beton. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan jumlah serat sabut kelapa yang ditambahkan akan meningkatkan kuat lentur balok betonut fiber.



Gambar 4 Hasil Pengujian Kuat Lentur



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5. Pola retak pada specimen balok, variasi A serat 0% (a), variasi B serat 0,5% (b), variasi C serat 0,75% (c), variasi D serat 1% (d)

Dalam pengujian kuat lentur beton, terlihat jelas bahwa serat sabut kelapa memainkan peran penting dalam menahan dan mengendalikan pola retak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat lentur tertinggi dicapai pada umur 56 hari pada variasi D (penambahan serat 1%), bahkan melebihi 4,5 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin banyak serat sabut kelapa yang ditambahkan, semakin tinggi kuat lentur yang dihasilkan.

Sebuah penelitian lain juga melaporkan bahwa serat meningkatkan kapasitas lentur secara lebih efisien dibandingkan kapasitas tekan pada dosis perawatan yang sama [19]. Penggunaan serat secara optimal menunjukkan peningkatan kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton serat sabut kelapa masing-masing sekitar 15%, 50%, 16%, dan 15% dibandingkan dengan beton tanpa serat [19]. Peningkatan yang paling signifikan terlihat pada kuat lentur. Hasil ini konsisten dengan penelitian lainnya [1, 3-4].

Untuk pengujian ini, total 48 sampel spesimen (Gambar 2) akan diuji pada umur 28 hari dan 56

hari untuk kuat tekan dan kuat lentur. Desain campuran beton dilakukan berdasarkan pedoman standar ACI 211.4R – 93, sementara uji kuat lentur didasarkan pada ASTM [18].

C. Desain Perkerasan Kaku

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, terlihat jelas bahwa penambahan serat sabut kelapa meningkatkan kuat lentur beton. Ini karena serat sabut kelapa mampu menahan pola retak dan kekuatan tarik pada beton. Oleh karena itu, bisa disimpulkan bahwa semakin besar persentase serat sabut kelapa yang ditambahkan, semakin besar pula kuat lentur balok beton. Menurut Pd T - 14 - 2003 (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah), beton dianggap sesuai untuk penggunaan perkerasan kaku jika memiliki nilai kuat lentur sekitar 3 - 5 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat lentur beton pada umur 28 hari mencapai nilai maksimum 4,1 MPa, dan pada umur 56 hari mencapai 5,3 MPa. Kedua hasil ini telah memenuhi standar yang ditetapkan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah beberapa kesimpulan penting; (1) Penambahan 15% Fly Ash dan zat aditif pada campuran beton silinder menghasilkan kuat tekan maksimum pada umur 28 hari sebesar 16,9 MPa (untuk variasi A tanpa tambahan 0%), dan 23,6 MPa pada umur 56 hari. Sementara itu, pada umur 28 hari untuk variasi D (1% serat), kuat tekannya adalah 27,7 MPa, dan pada umur 56 hari mencapai 30,8 MPa. (2) Penambahan 1% serat sabut kelapa dan zat aditif pada campuran beton untuk spesimen balok menghasilkan kuat lentur maksimum 4,1 MPa pada umur 28 hari (variasi D, 1% serat). Pada umur 56 hari, variasi D (1% serat) menghasilkan kuat lentur 5,3 MPa. Semakin besar persentase serat sabut kelapa yang ditambahkan, semakin besar pula kuat lentur balok beton.

ACKNOWLEDGEMENT

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya diberikan kepada P3M Politeknik Negeri Padang untuk pendanaan penelitian ini dan kepada Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang untuk tempat pelaksanaan penelitian ini.

REFERENCES

- [1] M. Setiawati, "Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton," Semin. Nas. Sains dan Teknol., vol. 17, pp. 1–8, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3556>

- [2] F. Adibroto, E. Suhelmidawati, and A. A. M. Zade, "Eksperimen Beton Mutu Tinggi Berbahan Fly Ash Sebagai Pengganti Sebagian Semen," *J. Ilm. Rekayasa Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 11–16, 2018, doi: 10.30630/jirs.15.1.85.
- [3]. A. S. Darmanto, Y. Sumanti, H. Sustanto, "Peningkatan kekuatan serat serabut kelapa dengan perlakuan alkali," *Teknis*, vol. 6 no.3, 2011.
- [4] M. A. Habe and N. Wahyuni, "ANALISIS PENGARUH LAMA PERENDAMAN TERHADAP PERUBAHAN DIAMETER," pp. 101–110.2015.
- [5] Z. Mahmud and Y. Ferry, "Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa Prospek Pengolahan Hasil Samping Buah Kelapa," *Perspektif*, vol. 4, no. 2, pp. 55–63, 2005.
- [6] P. D. Sheet, "Sika ® ViscoCrete ® -1003," 2018.
- [7] R. S. A. Ningsih, "Pengaruh Pemakaian Viscocrete 1003 Pada Beton Mutu Tinggi Yang Memakai Tempurung Kelapa Sebagai Fillersemen," *Tugas Akhir*, pp. 1–81, 2018.
- [8] T. O. Standard, "Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield , and Air Content (Gravimetric)," pp. 6–9, 2009.
- [9] I. A. Concrete and M. Detriot, "ACI Comittee 211.4R. Guide for Selecting Proportions for High- Strength Concrete with Portland Cement and Other Cementitious Materials." 1993.
- [10] I. ASTM and C. West, "ASTM C494. Standard Spesification for Chemical Admixtures for Concrete." 2005.
- [11] I. ASTM and C. West, "ASTM C33/C33M. Standard Spesification For Concrete Aggregates." 2013.
- [12] I. ASTM and C. West, "ASTM C150 Standard Spesification for Portland Cement." 2012.
- [13] I. ASTM and C. West, "ASTM C125a. Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates." 2010.
- [14] I. ASTM and C. West, "ASTM C143/C143M. Standard Test Method for Slump of Hydraulic- Cement Concrete." 2012.
- [15] I. ASTM and C. West, "ASTM C1602/C1602M Standard Spesification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete." 2018.
- [16] I. ASTM and C. West, "ASTM C39/C39M. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens." 2014.
- [17] A. C. I. E. Bulletin, "ACI Education Bulletin E4-12 Chemical Admixtures for Concrete".
- [18] ASTM C78, "ASTMC 78: Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)ASTM International. USA," *Annu. B. ASTM Standars*, vol. 04.02, pp. 1–3, 2002.
- [19] Ahmad, J.; Aslam, F.; Martinez-Garcia, R.; El Ouni, M.H.; Khedher, K.M. Performance of Sustainable Self-Compacting Fiber Reinforced Concrete with Substitution of Marble Waste (MW) and Coconut Fibers (CFs). *Sci. Rep.* 2021, 11, 23184