

Serat Tanaman Mendong Sebagai *Fiber Jacket* Untuk Perkuatan Kolom Beton Bertulang Pasca Kerusakan Bangunan

Dwi Sulistiyawati¹, Noor Mohammad Hatta², Fariz Wahyu Setiawan³,
Army Wasis Enggarriny⁴, Agustinus Sungsang Nana Patria^{5*}

¹⁻⁵Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang,
Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

Korespondensi Penulis : agustinus-sungsang@untagsmg.ac.id

Abstract Column collapse can be overcome by increasing the nominal strength of the cross section, one of which is by strengthening using FRP (Fiber Reinforced Polymer). This research will focus on the effect of using mendong plant fiber as a fiber jacket for strengthening reinforced concrete columns after building damage. Starting from material testing, mix design calculations, making test objects and testing test objects. There are 3 variations of test objects, namely concrete without a layer of Mendong fiber, concrete with 2 layers of Mendong fiber and concrete with 4 layers of Mendong fiber. The number of test objects was 15 concrete cylinders and 6 reinforced concrete columns. Reinforced concrete column specimens were subjected to axial testing to obtain the maximum axial load. Based on the test results, it was found that the average axial strength of reinforced concrete columns without mendong fiber blanket was 120.03 kN, the average axial strength of post-damaged reinforced concrete columns with 2 layers of mendong fiber blanket was 134.46 kN and the average axial strength of post-damaged reinforced concrete columns damaged with a 4-layer mendong fiber blanket of 144.83 kN. The greater the number of layers of mendong fiber, the axial strength of the post-damaged reinforced concrete column will increase with an increase of 12.02% for 0 layers to 2 layers, and 7.71% for 2 layers to 4 layers. Based on the results of this research, mendong fiber can be used as an alternative to fiber jacket for reinforcing reinforced concrete columns after building damage.

Keywords: Column Collapse, Mendong Plant Fiber Jacket, Compression Test, Increasing Column Capacity, Column Strengthening Innovation

Abstrak Keruntuhan kolom dapat diatasi dengan meningkatkan kuat nominal penampang, salah satunya dengan perkuatan menggunakan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*). Dalam riset ini akan berfokus pada pengaruh penggunaan serat tanaman mendong sebagai *fiber jacket* untuk perkuatan kolom beton bertulang pasca kerusakan bangunan. Dimulai dari pengujian material, perhitungan *mix design*, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji. Variasi benda uji terdiri dari 3 yaitu beton tanpa lapis serat mendong, beton dengan 2 lapis serat mendong dan beton dengan 4 lapis serat mendong. Jumlah benda uji sebanyak 15 silinder beton dan 6 kolom beton bertulang. Benda uji kolom beton bertulang dilakukan pengujian aksial untuk mendapatkan beban aksial maksimum. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa kuat aksial rata-rata kolom beton bertulang tanpa selimut serat mendong sebesar 120.03 kN, kuat aksial rata-rata kolom beton bertulang pasca rusak dengan selimut serat mendong 2 lapis sebesar 134.46 kN dan kuat aksial rata-rata kolom beton bertulang pasca rusak dengan selimut serat mendong 4 lapis sebesar 144.83 kN. Semakin banyak jumlah lapisan serat mendong maka akan meningkatkan kuat aksial kolom beton bertulang pasca rusak dengan kenaikan 12.02% untuk 0 lapis ke 2 lapis, dan 7.71% untuk 2 lapis ke 4 lapis. Berdasarkan hasil riset ini maka serat mendong dapat dijadikan sebagai alternatif *fiber jacket* untuk perkuatan kolom beton bertulang pasca kerusakan bangunan.

Kata Kunci : Keruntuhan Kolom, *Fiber Jacket* Serat Tanaman Mendong, Uji Aksial, Peningkatan Kapasitas Kolom, Inovasi Perkuatan Kolom

PENDAHULUAN

Keruntuhan kolom dapat mengakibatkan runtuhnya komponen struktur lain yang terhubung dengan kolom tersebut, atau bahkan dapat menyebabkan keruntuhan total dari suatu bangunan gedung (Caroline, 2014). Untuk meningkatkan kemampuan kolom menahan beban, maka kuat nominal penampang harus ditingkatkan dengan cara perkuatan (Nugroho, 2013). Salah satu metode perkuatan kolom beton bertulang menggunakan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) yaitu lembaran serat polimer yang diselimutkan ke kolom beton bertulang.

Received: Oktober 29, 2023; Accepted: Desember 21, 2023; Published: February 28, 2024

* Agustinus Sungsang Nana Patria, agustinus-sungsang@untagsmg.ac.id

Kekurangan FRP adalah harga yang mahal dan masih jarang diproduksi di Indonesia. Sehingga untuk mendapatkan FRP dengan kualitas tinggi masih harus mendatangkan dari luar negeri (Tresna dkk., 2015). Dikarenakan hal tersebut maka perlu dicari bahan alternatif lain untuk menggantikan FRP. Salah satunya dengan pemanfaatan serat alami dari tanaman karena mudah didapatkan dan harganya tergolong murah. Tanaman mendong (*Fimbristylis Globulosa*) merupakan sejenis rumput, satu famili dari *Cyperacea*. Serat mendong memiliki kandungan selulosa yang bagus untuk digunakan sebagai bahan serat alami, karena selulosa mempengaruhi kekuatan mekanis serat (Suryanto, 2017). Berdasarkan riset Witono (2013) menunjukkan bahwa serat mendong tanpa perlakuan alkali NaOH memiliki kekuatan tarik 425 MPa dan modulus elastisitas 17.4 GPa, sedangkan dengan perlakuan alkali NaOH kekuatan tarik bisa mencapai 497 MPa dan modulus elastisitas 20.4 GPa. Hal ini didukung oleh Suryanto (2017) menyatakan bahwa hasil uji karakteristik serat mendong memiliki sifat yang baik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai penguat dalam komposit polimer. Dalam riset ini akan berfokus pada pengaruh penggunaan serat tanaman mendong sebagai *fiber jacket* untuk perkuatan kolom beton bertulang pasca kerusakan bangunan. Inovasi dalam riset ini, diharapkan serat mendong dapat digunakan sebagai alternatif perkuatan kolom beton bertulang.

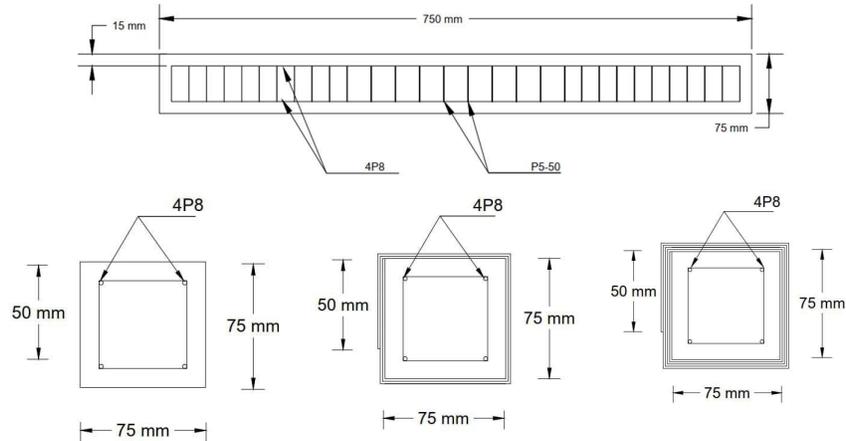
METODE

Waktu riset dan analisis dilakukan selama 4 (empat) bulan. Tempat pengujian material dan pembuatan benda uji di laboratorium Universitas 17 Agustus 1945 Semarang. Tempat pengujian benda uji silinder beton dan kolom beton bertulang di laboratorium Universitas Negeri Semarang. Bahan riset berupa semen PCC, agregat halus berupa pasir Muntilan, agregat kasar berupa split Muntilan ukuran 1-2 cm, air, baja tulangan diameter 5 mm dan 8 mm dan serat tanaman mendong. Alat riset berupa Concrete mixer, kerucut Abrams, *Compression Testing Machine (CTM)* dan *Universal Testing Machine (UTM)*. Variabel riset ditunjukkan pada Tabel 1 dan gambar detail penulangan kolom dan pemasangan *fiber jacket* serat mendong ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahapan riset dimulai dari 1). Pengujian bahan berupa pengujian agregat halus dan kasar sesuai SK SNI M-08-1989-F, pengujian air sesuai SNI 7974:2013, pengujian tarik baja tulangan sesuai SNI 07-2529-1991 dan pengujian kuat tarik serat mendong sesuai SNI 8972:2021. Serat mendong yang digunakan direndam dahulu ke dalam cairan NaOH 5% selama 2 jam.

Tabel 1. Variabel Riset

No	Variasi benda uji	Jumlah sampel (buah)	
		Kolom	Silinder
1	Tanpa lapis serat mendong	2	3 (tanpa lapis serat mendong)
2	2 lapis serat mendong	2	3 (tanpa lapis serat mendong) 3 (dengan lapis serat mendong)
3	4 lapis serat mendong	2	3 (tanpa lapis serat mendong) 3 (dengan lapis serat mendong)

Gambar 1. Detail Penulangan Kolom Dan Pemasangan *Fiber Jacket* Serat Mendong

2). Pembuatan *mix design* campuran beton sesuai SNI 03-2834-2000, 3). Penyiapan cetakan benda uji berupa cetakan silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan cetakan kolom menggunakan papan multiplek dengan tebal 9 mm yang dipotong dan dirangkai sesuai ukuran kolom yaitu lebar 75 mm, tinggi 75 mm dan panjang 750 mm, 4). Pembuatan benda uji, dimulai dari perangkaian tulangan kolom, pencampuran bahan menggunakan *concrete mixer* sesuai *mix design*, uji nilai slump dan memasukkan beton segar ke cetakan silinder dan kolom. 5). Perawatan benda uji, dilakukan setelah benda uji dilepas dari cetakan. Benda uji silinder direndam di dalam bak air, sedangkan benda uji kolom disiram air dua kali sehari dan ditutup karung goni basah dan pada umur 27 hari benda uji dikeringkan, 6). Pengujian benda uji, dilakukan pada umur beton 28 hari. Benda uji silinder diuji kuat desak dan benda uji kolom diuji aksial. Pengujian keduanya menggunakan mesin *Compression Testing Machine* (CTM). Benda uji silinder beton dan kolom beton bertulang tanpa lapis serat mendong diuji sampai diperoleh beban maksimal. Sedangkan benda uji yang akan diberi lapis serat mendong diuji dahulu sampai beban tercapai 60% dari beban maksimum, selanjutnya diselimuti dengan serat mendong yang kemudian dilanjutkan dengan pengujian sampai mendapatkan beban maksimum.

Analisis data yang digunakan berupa 1). Kuat tekan silinder beton umur 28 hari, dihitung dengan cara berikut (SNI-1974-2011): $f'c = P/A$, dengan $f'c$ = kuat tekan beton (MPa); P = Beban maksimum (N); A = luas permukaan benda uji silinder (mm^2), 2). Beban aksial kolom beton bertulang umur 28 hari didapatkan dari angka beban terbesar yang ditunjukkan dari mesin pengujian, 3). Persentase kenaikan kuat tekan maksimum silinder beton dan beban aksial maksimum kolom beton bertulang, setelah dilapisi serat mendong dan variasi jumlah lapisnya pada kondisi pasca rusak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian material, berupa pengujian agregat halus, agregat kasar, air, baja tulangan dan serat mendong. Pengujian agregat halus diperoleh kadar lumpur sebesar 4.8%, penyerapan sebesar 1.33%, kadar air sebesar 5.64%, gradasi sebesar 4.13%. Berdasarkan hasil pengujian, maka agregat halus memenuhi kriteria. Pengujian agregat kasar diperoleh kadar lumpur 0.9%, penyerapan 1.4%, kadar air 2.31% dan gradasi 7.86%. Berdasarkan hasil pengujian, maka agregat kasar memenuhi kriteria. Pengujian air diperoleh pH air sebesar 7, maka memenuhi kriteria. Pengujian kuat tarik baja tulangan polos ϕ 8 mm diperoleh f_y sebesar 510.458 Mpa dan f_u sebesar 800.577 MPa, sedangkan kuat tarik baja tulangan polos ϕ 5 mm diperoleh f_y sebesar 377.716 Mpa dan f_u sebesar 554.58 MPa. Pengujian kuat tarik serat mendong diperoleh beban maksimal 1 buah serat mendong sebesar 30 gram.
2. Perhitungan *mix design* campuran beton, mengacu SNI 03-2834-2000. Adapun kebutuhan bahan untuk pembuatan beton untuk 1 m^3 dengan mutu 20 MPa dengan f_{as} 0.57 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Mix Design Adukan Beton per m^3

No.	Material	Jumlah (kg)
1	Semen	372.72
2	Air	205
3	Pasir	835.735
4	Split	961.545

3. Pengujian berat jenis benda uji silinder beton dan kolom, dilakukan dengan menimbang benda uji sebelum dilakukan pengujian. Diperoleh berat jenis silinder beton rata-rata sebesar 2385.596 kg/m^3 , sedangkan berat jenis kolom beton bertulang rata-rata sebesar 2770.798 kg/m^3 .

4. Pengujian kuat tekan silinder beton, terdapat 15 buah benda uji silinder, dengan silinder VR1A, VR1B, VR1C, VR2A, VR2B, VR2C, VR3A, VR3B dan VR3C merupakan silinder tanpa selimut serat mendong yang akan diuji kuat tekan sampai diperoleh beban maksimum. Sedangkan silinder VR2D, VR2E, VR2F, VR3D, VR3E dan VR3F terlebih dahulu akan diuji sampai menerima beban 60% dari kuat desak maksimum yaitu sebesar 10 N/mm^2 , hasil dari $0.8 \times 60\% \times 20 \text{ N/mm}^2 = 9.6 \text{ N/mm}^2 \approx 10 \text{ N/mm}^2$, dengan nilai 0.8 adalah faktor reduksi kekuatan. Hal ini untuk merepresentasikan silinder beton pasca rusak. Selanjutnya silinder VR2D, VR2E dan VR2F diselimuti serat mendong sebanyak 2 lapis sedangkan silinder VR3D, VR3E dan VR3F sebanyak 4 lapis. Silinder yang sudah diselimuti selanjutnya akan diuji sampai diperoleh beban maksimum. Adapun hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

No	Variasi	Kuat Tekan (N/mm^2)	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm^2)
1	VR1A	20.38	21.31
2	VR1B	21.46	
3	VR1C	22.08	
1	VR2A	23.50	22.36
2	VR2B	21.51	
3	VR2C	22.08	
4	VR2D	33.5	36.5
5	VR2E	40.8	
6	VR2F	35.2	
1	VR3A	21.23	21.23
2	VR3B	21.51	
3	VR3C	20.95	
4	VR3D	46.5	46.83
5	VR3E	45.2	
6	VR3F	48.8	

Keterangan :

VR 1A, B, C : benda uji silinder variasi 1, tanpa selimut serat mendong

VR 2A, B, C : benda uji silinder variasi 2, tanpa selimut serat mendong, sebagai pengontrol mutu beton terhadap kuat tekan rencana.

VR 2D, E, F : benda uji silinder variasi 2, dengan 2 lapis serat mendong

VR 3A, B, C : benda uji silinder variasi 3, tanpa selimut serat mendong, sebagai pengontrol mutu beton terhadap kuat tekan rencana.

VR 3D, E, F : benda uji silinder variasi 3 dengan 4 lapis serat mendong



Gambar 2. Perbandingan Kuat Tekan Silinder Beton Antar Variasi

Keterangan :

VR1 : silinder tanpa selimut serat mendong

VR2 : silinder dengan selimut 2 lapis serat mendong

VR3 : silinder dengan selimut 4 lapis serat mendong

Berdasarkan hasil pengujian di atas diperoleh bahwa kuat tekan rata-rata silinder beton tanpa selimut serat mendong sebesar 21.31 N/mm^2 , silinder beton pasca rusak dengan selimut mendong 2 lapis sebesar 36.5 N/mm^2 dan 4 lapis sebesar 46.83 N/mm^2 . Semakin banyak jumlah lapisan serat mendong maka akan semakin meningkatkan mutu beton dengan kenaikan 71.28% untuk 0 lapis ke 2 lapis, dan 28.3% untuk 2 lapis ke 4 lapis.

5. Pengujian aksial kolom beton bertulang, terdapat 6 buah benda uji kolom beton bertulang, dengan kolom VR1A dan VR1B merupakan kolom tanpa selimut serat mendong akan diuji aksial sampai diperoleh beban maksimum. Kolom VR2A, VR2B, VR3A dan VR3B akan diuji terlebih dahulu sampai menerima beban 60% dari beban maksimum yaitu sebesar 50 kN, merupakan hasil $0.7 \times 60\% \times 118.016 \text{ kN} = 49.56 \text{ kN} \approx 50 \text{ kN}$, dengan nilai 0.7 adalah faktor reduksi kekuatan. Hal ini untuk merepresentasikan kolom beton bertulang pasca rusak. Selanjutnya VR2A, VR2B diselimuti serat mendong sebanyak 2 lapis dan VR3A, VR3B sebanyak 3 lapis. Kolom yang sudah diselimuti selanjutnya akan diuji sampai diperoleh beban maksimum. Adapun hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 4. Hasil Pengujian Aksial Kolom Beton Bertulang

No	Benda Uji	Beban Aksial Max (kN)	Beban Aksial Max Rata-rata (kN)
1	VR1A	118.016	120.03
2	VR1B	122.04	
1	VR2A	135.75	134.46
2	VR2B	133.16	
1	VR3A	145.37	144.83
2	VR3B	144.28	



Gambar 3. Perbandingan Kuat Aksial Kolom Beton Bertulang Antar Variasi

Keterangan :

VR1 : kolom tanpa selimut serat mendong

VR2 : kolom dengan selimut 2 lapis serat mendong

VR3 : kolom dengan selimut 4 lapis serat mendong

Berdasarkan hasil pengujian di atas diperoleh bahwa beban aksial maksimum rata-rata kolom beton bertulang tanpa selimut serat mendong sebesar 120.03 kN, kolom beton bertulang pasca rusak dengan selimut mendong 2 lapis sebesar 134.46 kN dan 4 lapis sebesar 144.83 kN. Semakin banyak jumlah lapisan serat mendong maka akan semakin meningkatkan kuat aksial kolom beton bertulang pasca rusak dengan kenaikan 12.02% untuk 0 lapis ke 2 lapis, dan 7.71% untuk 2 lapis ke 4 lapis.

KESIMPULAN

Penelitian tentang “Serat Tanaman Mendong Sebagai *Fiber Jacket* Untuk Perkuatan Kolom Beton Bertulang Pasca Kerusakan Bangunan” menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Beban aksial maksimum rata-rata kolom beton bertulang tanpa selimut serat mendong sebesar 120.03 kN, kolom beton bertulang pasca rusak dengan selimut mendong 2 lapis sebesar 134.46 kN dan 4 lapis sebesar 144.83 kN.
2. Persentase kenaikan beban aksial maksimum kolom beton bertulang dengan variasi jumlah lapis serat mendong sebesar 12.02% untuk 0 lapis ke 2 lapis, dan 7.71% untuk 2 lapis ke 4 lapis.
3. Selimut serat mendong dapat dijadikan sebagai alternatif *fiber jacket* untuk perkuatan kolom beton bertulang pasca kerusakan bangunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

“Kami mengucapkan terima kasih atas kesempatan yang telah diberikan berupa bantuan dana yang digunakan untuk melakukan riset ini. Dengan riset ini menjadikan kami menambah wawasan dan mendapatkan perspektif yang lebih luas terkait perkuatan struktur.”

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Satu melakukan pengujian material, pembuatan benda uji, pengujian benda uji, analisa hasil, pembuatan artikel ilmiah, pembuatan laporan kemajuan dan laporan akhir. Penulis Dua melakukan persiapan material, pengujian material, pembuatan benda uji, pengujian benda uji, analisis hasil, pembuatan laporan kemajuan dan laporan akhir. Penulis

Tiga melakukan persiapan alat, pengujian material, pembuatan benda uji, pengujian benda uji, analisis hasil, pembuatan laporan kemajuan dan laporan akhir. Penulis Empat melakukan pembuatan mix design, pengujian material, pembuatan benda uji, pengujian benda uji, analisis hasil, pembuatan laporan kemajuan dan laporan akhir. Penulis Terakhir selaku dosen pendamping selalu hadir dan memberi arahan dalam setiap kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2021. *Metode Uji Komposit Serat Berpolimer Sebagai Penulangan Atau Perkuatan Struktur Beton dan Mansori. SNI 8972:2021*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder. SNI 1974-2011*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. SNI 7656:2012*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. SNI 2847:2019*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2021. *Panduan Perancangan dan Pelaksanaan System Lembaran Serat Berpolimer Terlekat Eksternal Untuk Perkuatan Struktur Beton. SNI 8971:2021*. BSN. Jakarta.
- Caroline, L. 2014. Perkuatan Kolom Pendek Beton Bertulang Dengan Fiber Glass Jacket Pada Kondisi Keruntuhan Tarik. *Skripsi. Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2008. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung. 24/PRT/M/2008*. Menteri Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Nawy. 2009. *Reinforced concrete: a fundamental approach*. Prentice Hall. London.
- Nugroho, H. 2013. Perkuatan Kolom Beton Bertulang Dengan Fiber Glass Jacket yang Dibebani Konsentrik. *Skripsi. Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Setiawan, A. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847*. Erlangga. Jakarta.
- Sudjati, J.J., Tarigan, R.A. dan Tresna, I.B.M. 2015. Perbaikan kolom beton bertulang menggunakan glass fiber jacket dengan variasi tingkat pembebanan. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (Konteks 9)*. Oktober 2015, Makasar, Indonesia.
- Suryanto, H. 2017. Karakterisasi Fisik, Kimia, Ketahanan Panas dan Kekuatan Tarik Dari Serat Mendong (Fimbristylis globulosa). 1-12.
- Witono, K., Irawan, Y. S., Soenoko, R., dan Suryanto, H. 2013. Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Morfologi dan Kekuaan Tarik Serat Mendong. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 4 (3):227-234.