

Efektifitas Perkuatan Struktur dengan menggunakan pelapisan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) dan Metode *Jacketing*: Studi Literatur

Silsila Jana Firdasa Sembiring^{1a}, Denny Magni Sundara^{1b}, Adji Putra Abriantoro^{1c}, Tiorivaldi^{1d}
Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta¹

Email: silsila@uta45jakarta.ac.id^a, denny.magni@uta45jakarta.ac.id^b,
adji.putra@uta45jakarta.ac.id^c, tiorivaldi@uta45jakarta.ac.id^d

ABSTRAK

Penurunan kualitas struktur merupakan masalah penting yang harus diperhatikan dalam setiap bangunan. Faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas struktur berupa bencana alam seperti gempa bumi, banjir, tsunami dan longsor. Selain bencana alam penurunan kualitas struktur juga bisa diakibatkan oleh alih fungsi bangunan. Penurunan kualitas struktur ini sering kali membutuhkan perbaikan segera untuk mencegah risiko keselamatan dan menghindari kerugian ekonomi. Salah satu metode perbaikan yang sering digunakan yaitu dengan metode jacketing atau penambahan dimensi pada struktur bangunan. Selain itu metode perbaikan terbaharukan dengan pelapisan struktur bangunan dapat menggunakan material FRP (*Fiber Reinforced Polymer*). Penelitian ini membahas mengenai perbandingan dua metode perkuatan yaitu dengan menggunakan material FRP dan *jacketing*. Metode dilakukan dengan menggunakan literatur *review* dari penelitian-penelitian terdahulu mengenai FRP dan *jacketing* yang ditinjau dari kuat tekan kolom dan kuat lentur balok. Hasil yang didapat berupa peningkatan kuat tekan kolom sebesar 81% menggunakan material FRP (*Fiber Reinforced Polimer*) dan kuat lentur balok sebesar 14%. Sedangkan perkuatan dengan menggunakan metode jacketing dapat meningkatkan kuat tekan kolom sebesar 48,8% dan kuat lentur balok sebesar 91,67%. Dapat disimpulkan kedua metode baik dalam perbaikan struktur dikarenakan dapat meningkatkan kuat tekan kolom dan kuat lentur balok. Akan tetapi perbaikan struktur dengan menggunakan FRP lebih efektif digunakan karena waktu pengerjaan yang lebih singkat dibandingkan *jacketing*.

Kata kunci : FRP (*Fiber Reinforced Polymer*), *Jacketing*, Perkuataan, Penurunan Kualitas Struktur, Studi Literatur

ABSTRACT

Structural degradation is an important issue that must be considered in every building. Factors that affect the degradation of structural quality include natural disasters such as earthquakes, floods, tsunamis and landslides. In addition to natural disasters, structural degradation can also be caused by building conversion. This structural degradation often requires immediate repairs to prevent safety risks and avoid economic losses. One of the repair methods that is often used is the jacketing method or adding dimensions to the building structure. In addition, the renewable repair method by coating the building structure can use FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) material. This research discusses the comparison of two reinforcement methods by using FRP and jacketing materials. The method is carried out by using a literature review of previous studies on FRP and jacketing in terms of strength, workmanship and handling. The results obtained are an increase in the column compressive strength of 81% using FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) material and the beam flexural strength of 14%. While reinforcement using the jacketing method can increase the column compressive strength by 48.8% and the beam flexural strength by 91.67%. It can be concluded that both methods are good in structural repair because they can increase the column compressive strength and beam flexural strength. However, structural repair using FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) is more effective to use because the processing time is shorter than jacketing.

Keywords: FRP (*Fiber Reinforced Polymer*), *Jacketing*, Reinforcement, Structur Degradation, Literature Review

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia khususnya di era globalisasi ini mengalami pertumbuhan yang begitu pesat, seperti pembangunan jalan tol sumatra, tol laut papua, kereta cepat indonesia cina, pemindahan ibukota negara, dll. Semua yang dilakukan untuk mempermudah proses aksesibilitas dari desa ke kota ataupun dari kota ke desa. Struktur bangunan merupakan elemen penting dalam pembangunan suatu infastruktur. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat no 8 tahun 2021 umur rencana bangunan yang diterapkan 50 tahun yang artinya bangunan diharapkan dapat berfungsi secara efektif dan aman sesuai dengan tujuan desain dan standar konstruksi yang berlaku pada saat pembangunannya [1]. Seiring dengan waktu, struktur-struktur ini mengalami berbagai tantangan yang dapat mempengaruhi kinerjanya dan keselamatan pengguna. Penuaan, kerusakan, dan perubahan fungsi adalah tiga faktor utama yang memerlukan perhatian khusus dalam pengelolaan dan pemeliharaan struktur bangunan. Struktur bangunan yang berusia lama sering kali menunjukkan tanda-tanda keausan akibat kondisi lingkungan, beban operasional, dan faktor lainnya. Material konstruksi, seperti beton dan baja, dapat mengalami penurunan kualitas seiring waktu, yang memengaruhi kekuatan dan kestabilan struktur. Penuaan struktur juga dapat mempengaruhi integritas strukturalnya, menjadikannya lebih rentan terhadap kerusakan dan kegagalan [2].

Kerusakan pada struktur bangunan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk beban berlebih, bencana alam seperti gempa bumi atau banjir, dan cacat konstruksi. Kerusakan ini sering kali membutuhkan perbaikan segera untuk mencegah risiko keselamatan dan menghindari kerugian ekonomi [3]. Evaluasi dan identifikasi jenis kerusakan serta tingkat keparahannya adalah langkah penting dalam merencanakan tindakan perbaikan yang efektif [4]. Indonesia adalah derarah yang berddada pada cicin api dunia yang menandakan seringnya terjadi bencana gempa. Gempa dengan kekuatan yang tinggi dapat merusak struktur bangunan. Kerusakan struktur yang tinggi akibat gempa tersebut dapat diperbaiki dengan metode jacketing atau penambahan dimensi struktur [5]. Selain akibat bencana alam dan beban yang berlebih perubahan fungsi bangunan pula dapat mempengaruhi kekuatan pada struktur, misalnya gedung yang awalnya dirancang untuk kantor mungkin diubah menjadi ruang perumahan atau pusat perbelanjaan. Perubahan fungsi ini sering kali memerlukan modifikasi pada struktur untuk memenuhi persyaratan beban yang berbeda dan standar keselamatan yang diperbarui [6].

Perbaikan dan penguatan struktural merupakan solusi yang penting untuk memastikan bahwa struktur bangunan dapat terus berfungsi dengan baik dan aman. Teknologi modern yang ramah lingkungan, seperti Fiber Reinforced Polymer (FRP) dapat digunakan dalam memperbaiki dan menguatkan struktur yang terpengaruh oleh penuaan, kerusakan, dan perubahan fungsi. Penggunaan material ini dapat meningkatkan kekuatan dan durabilitas tanpa menambah berat yang signifikan pada struktur yang ada [7]. Selain penggunaan material FRP perkuatan umumnya dilakukan dengan metode jecketing atau penambahan dimensi struktur. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk membandingkan keefektifitasan dari perkuatan yang meliputi, kuat tekan kolom dan kuat lentur balok antara meterial FRP dengan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) dan jacketing (penambahan dimensi pada struktur) dengan mengkaji dari beberapa studi

literatur. Komponen struktur yang dikaji dalam penelitian ini berupa respon perkuatan terhadap kolom dan balok.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode literatur review yang mengkaji dari beberapa jurnal, khususnya penelitian mengenai perkuatan menggunakan material FRP dan perkuatan menggunakan metode jacketing atau penambahan dimensi. Kedua penelitian akan dikaji dan dibandingkan dari keefektifitaannya dalam hal kekuatan, pengerjaan dan penanganan kerusakannya pada komponen-komponen struktur seperti kolom, balok dan pelat. Hasil dari pengkajian literatur ini akan memberikan rekomendasi terhadap penggunaan metode perkuatan yang lebih efektif ditinjau dari kuat tekan kolom dan kuat lentur balok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkuatan dengan Material CFRP

Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) merupakan material komposit yang mengandung serat polimer resin dengan serat berkekuatan tinggi. CFRP memiliki kuat tarik yang tinggi, ringan, tidak berkarat, dan modulus elastisitas yang mendekati baja [8]. Sedangkan dari segi pelaksanaannya cepat dan mudah, tidak membutuhkan area kerja yang luas, tidak memerlukan joint meskipun bentang yang diperkuat cukup panjang. CFRP berfungsi untuk meningkatkan kekuatan struktur yang rusak akibat gaya aksial yang diberikan pada kolom dan balok. Penggunaan CFRP HM-60 dengan ketebalan 0,333 mm digunakan sebanyak 2 lapis kolom dan balok dapat meningkatkan kekuatan struktural tanpa mengubah dimensi maupun mutu beton dan baja semula [9]. Pelapisan CFRP 100% pada komponen struktur dapat meningkatkan kuat tekan yang tinggi, jadi semakin banyak pelapisannya maka akan semakin besar kuat tekannya. Beton silinder normal yang memiliki kuat tekan didapat f'_c sebesar 10,67 MPa, jika beton hasil uji dilapisi kembali oleh CFRP 100% akan menghasilkan kuat tekan sebesar 11,03 MPa. Beton silinder yang dilapisi oleh CFRP dapat meningkatkan kuat tekan silinder melebihi kuat tekan beton semula [10]. Pengujian sambungan pada pelat CFRP dilakukan dengan sambungan baut yang bervariasi. Dilakukannya pengujian sambungan ini untuk melihat kuat tarik yang didapat pada pelat CFRP. jumlah baut yang digunakan yaitu 2, 4, dan 5 buah. Pemasangan pada jumlah baut 2 buah didapatkan gaya tarik sebesar 103,2 kN, untuk jumlah baut 3 buah didapatkan gaya tarik sebesar 182,92 kN dan untuk jumlah baut 5 buah didapatkan gaya tarik sebesar 170,10 kN. Gaya kuat tarik baut 5 lebih kecil dibandingkan dengan baut 4 dikarenakan lubang baut yang terlalu dekat. Disimpulkan bahwa pelat CFRP merupakan material yang getas sehingga baik untuk perkuatan pada struktur bangunan [11]. Perkuatan dengan material CFRP dapat dilakukan pada komponen struktur contohnya balok, kolom dan pelat. Berikut adalah penjelasan dari beberapa ahli mengenai perkuatan pada kolom, balok dan pelat:

Perkuatan CFRP pada Kolom

CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) dapat digunakan untuk perbaikan kolom akibat kegagalan struktur. Pemasangan CFRP pada kolom dapat meningkatkan kuat tekan kolom. Salah satu penelitian dilakukan dengan pemasangan CFRP pada kolom pendek penampang bulat yang dihancurkan lalu dilakukan 4 tipe pemasangan strip material CFRP dengan jarak yang bervariasi untuk mengetahui kuat tekan dari setiap jenis

pemasangan CFRP pada kolom pendek penampang bulat. Nilai kuat tekan sebelum pemasangan CFRP sebesar 52,2812 ton. Uji dengan pemasangan CFRP 3 strip menghasilkan kenaikan kuat tekan 58,5937 ton, CFRP 4 strip 63,65625 ton, CFRP 5 strip 67,7813 ton, CFRP penuh 94,5464 ton. Dapat disimpulkan penggunaan strip CFRP dengan jarak dan jumlah yang berbeda akan mempengaruhi kuat tekan pada kolom penampang silinder. Semakin banyaknya CFRP menutupi bagian kolom maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin besar [12]. Persentase kenaikan kuat tekan benda uji dari setiap sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Studi Literatur Perkuatan Kolom dengan Menggunakan Material CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*)

Komponen	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Kolom (Akbar Kalam Ramzy, 2019)	Pengaruh <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP) Pada Kolom Pendek Terkekang Penampang Bulat	Pada penelitian ini akan melakukan kajian perbandingan antara kolom pendek terkekang penampang bulat tanpa tambahan CFRP di sekeliling penampang memanjang kolom dan kolom pendek terkekang penampang bulat dengan tambahan CFRP penuh dan sebagian (pola strip) di sekeliling penampang memanjang kolom.	Dilakukan dengan metode Ekperimental dengan membuat 4 jenis pemasangan CFRP yaitu: <ul style="list-style-type: none"> • CFRP 3 strip dengan jarak 135 mm (benda uji DCJC), • CFRP 4 strip dengan jarak 90 mm (benda uji DCJB), • CFRP 5 strip dengan jarak 67,5 (benda uji DCJA), • CFRP penuh disekeliling kolom (benda uji DFC) 	pengujian kuat tekan benda uji: <ul style="list-style-type: none"> • Pemasangan CFRP 3 strip peningkatan sebesar 12%, • Benda uji dengan pemasangan CFRP 4 strip peningkatan sebesar 22%, • Benda uji dengan pemasangan CFRP 5 strip peningkatan sebesar 30%, • Benda uji dengan pemasangan CFRP penuh disekeliling kolom peningkatan sebesar 81%.

Tabel 1. menjelaskan dengan pemasangan CFRP sebanyak 3 strip dapat meningkatkan kuat tekan 12%, CFRP sebanyak 4 strip meningkatkan kuat tekan 22%, CFRP 5 strip meningkatkan kuat tekan 30% dan CFRP penuh meningkatkan kuat tekan 81%. oleh karena itu semakin banyak strip CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) yang

digunakan maka akan semakin tinggi peningkatan kuat tekannya pada kolom pendek silinder.

Perkuatan CFRP pada Balok

Penggunaan CFRP pada balok beton bertulang dapat meingkatkan daktilitas balok tersebut. Dilakukan sebuah penelitian dengan pengujian 5 buah sampel balok dengan pembebanan diberikan *One Point Loads* pada jarak $\frac{1}{2}$ L. Benda uji pertama adalah balok 3D16 keadaan normal didapatkan hasil kuat lentur sebesar 104,04 kN. Benda uji kedua adalah balok 3D16 yang sudah hancur diperkuat dengan pelapisan CFRP sepanjang 600 mm ditengah bentang didapatkan nilai kuat lentur sebesar 119,52 kN. Benda uji ketiga balok 4D16 keadaan normal didapatkan kuat lentur sebesar 161,28 kN. Benda uji ke empat balok 4D16 yang sudah hancur diperkuat dengan pelapisan CFRP dengan metode pemasangan yang sama dan didapatkan kuat lentur sebesar 162,64 kN. Benda uji terakhir dengan balok 5D16 dengan pelapisan CFRP tanpa adanya retakan awal didapatkan kuat lentur sebesar 173,16 kN [13]. Berikut hasil persentase peningkatan kuat lentur balok pada Tabel 2.

Tabel 2. Studi Literatur Perkuatan Balok Menggunakan Material CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*)

Komponen	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Balok (Sri Rejeki Laku Utami, 2019)	Pengaruh Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Terhadap Balok Beton Bertulang	Pengaruh <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)</i> pada balok beton bertulang diharapkan memberikan kontribusi terhadap peningkatan daktilitas	Dilakukan dengan metode eksperimental dengan benda uji 5 buah balok: <ul style="list-style-type: none"> • Benda uji pertama adalah balok 3D16 (Normal). • Benda uji ke dua adalah balok 3D16 (CFRP). • Benda uji ke tiga adalah balok 4D16 (Normal). • Benda uji ke empat adalah balok 4D16 (CFRP). • Benda uji ke lima dalah balok 5D16 (CFRP) 	Hasil pengujian kapasitas lentur maksimum secara berturut- turut: <ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan kuat lentur balok 3D16 sebesar 14%. • Peningkatan lentur lentur balok 4D16 sebesar 0,84%. • Sedangkan benda uji kelima tidak diretakan terlebih dahulu dan lanBenda uji ke lima sebesar 173,16 kN.

Tabel 2 menjelaskan bahwa kuat lentur balok tulangan utama berjumlah 3 dibandingkan dengan balok tulangan utama berjumlah 4 dan 5 akan lebih rendah kuat lentur baloknya. Penambahan material CFRP pada setiap benda uji dapat meningkatkan kuat lentur balok tertinggi sebesar 14% dan terendah 0,8%. Dapat disimpulkan bahwa balok beton bertulang yang telah mengalami kegagalan lentur dapat diperbaiki dengan pelapisan CFRP khususnya pada bagian yang rusak/ gagal. Hasil dari pemakaian CFRP dapat mengembalikan kekuatan lentur seperti semula bahkan melebihi kekuatan lentur aslinya. Sedangkan pelapisan CFRP pada beton bertulang yang belum mengalami keruntuhan, kekuatan lenturnya lebih tinggi dibandingkan yang lainnya. Oleh karena itu penggunaan CFRP dapat digunakan untuk mengantisipasi sebelum ataupun sudah terjadi kegagalan struktur.

Perkuatan dengan Metode *Jacketing*

Penggunaan jaket beton (*concrete jacketing*) merupakan metode yang pertama kali digunakan untuk mengatasi kerusakan yang terjadi pada elemen beton struktural, metode ini dilakukan dengan cara melapisi bagian elemen struktur yang mengalami kerusakan atau degradasi menggunakan lapisan penulangan dan beton yang baru sebagai jaket atau kekangan penutup yang dipasang pada bagian luar [14]. Secara umum efektivitas dari penggunaan jaket beton, sangat terkait pada perilaku komposit dari kedua material tersebut dalam membentuk suatu kekangan, sehingga yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah interface terhadap antar muka atau bagian permukaan beton eksisting dengan lapisan jaket beton yang baru. Untuk meningkatkan lekatan antara beton eksisting dengan lapisan jaket beton, berbagai material telah dicoba digunakan seperti penggunaan resin epoxy dan tambahan konektor baja. Sedangkan untuk mereduksi ketebalan lapisan jaket beton, dapat digunakan beton dengan mutu tinggi dan untuk mengatasi permasalahan pemadatan beton dapat digunakan *shot concrete* dan *self compacting concrete* dan sebagai lapisan selimut atau jaket beton [15]. Perkuatan dengan metode *jacketing* dapat diterapkan pada komponen struktur yang mengalami kerusakan atau penurunan kualitas, seperti pada komponen balok, pelat, dan kolom yang mengalami degradasi material sehingga kualitas komponen bangunan tersebut dapat menurun. Berikut adalah beberapa kajian penerapan penggunaan *jacketing* pada kolom, balok dan pelat.

Perkuatan *Jacketing* pada Kolom

Perkuatan dengan metode *jacketing* sering kali digunakan khususnya pada komponen kolom struktur bangunan. Perkuatan dilakukan untuk meningkatkan kekakuan/kekuatan, meningkatkan daktilitas, memperbaiki energi disipasi struktur, serta meningkatkan fungsi layan bangunan. Dilakukan penelitian mengenai perbaikan komponen kolom dengan menggunakan metode *jacketing* dengan bambu sebagai pengganti tulangan. Benda uji kolom 200 x 200 mm dengan tulangan baja ulir 4D10 sebanyak 3 buah benda uji. Rencana *retrofitting* kolom rusak menggunakan material tulangan bambu dengan pembesaran dimensi 220 x 220 mm. Dihasilkan kuat tekan kolom beton eksisting benda uji 1 sebesar 105,6 kN, benda uji 2 sebesar 103,4 kN, dan benda uji 3 sebesar 110,6 kN. Setelah beton diperkuat dengan metode *jacketing* kuat tekan beton mengalami peningkatan, untuk benda uji 1 sebesar 148,7 kN, benda uji 2 sebesar 176,8 kN dan benda uji 3 sebesar 148,7 kN [16]. Berikut hasil persentase peningkatan kuat tekan kolom beton dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Studi Literatur Perkuatan Menggunakan Metode *Jacketing* Pada Kolom

Komponen	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Kolom (Ashar & Rochman, 2016)	Perkuatan Kolom Beton Dengan Metode Jacketing Menggunakan Tulangan Bambu	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan kolom sebelum diperkuat menggunakan metode <i>jacketing</i> menggunakan tulangan bambu dan sesudah diperkuat.	Penelitian ini melakukan eksperimen mengenai kuat tekan pada kolom yang diperkuat dengan metode <i>jacketing</i> dengan tulangan bambu	Didapatkan persentase peningkatan kuat tekan kolom disetiap benda uji sebesar: <ul style="list-style-type: none"> • KB Uji 1 = 41% • KB Uji 2 = 71% • KB Uji 3 = 34,4% • Peningkatan rata-rata = 48,8%

Tabel 4 menjelaskan bahwa penggunaan metode *jacketing* dengan tulangan bambu dan beton bermutu 20 MPa pada kolom dapat meningkatkan kuat tekan kolom rata-rata sebanyak 48,8%. Sehingga metode perkuatan *jacketing* dapat digunakan sebagai penanggulangan kerusakan pada kolom yang kekuatannya mengalami penurunan.

Perkuatan *Jacketing* pada Balok

Perkuatan pada balok dapat menggunakan metode *jacketing*, khususnya untuk meningkatkan kekakuan dan kuat lentur balok. Dilakukan penelitian mengenai penggunaan metode *jacketing* pada balok untuk menganalisis kuat lentur dan gaya geser pada balok. Digunakan balok dengan dimensi 150 x 350 mm D16 sebanyak 3 jenis benda uji. Perbaikan pada benda uji US-1 akan menggunakan 1 lapis kawat jala las segi empat menjadi benda uji R-US.1, benda uji US-2 menggunakan 2 lapis kawat jala las segi empat menjadi R-US.2 dan benda uji UBB diperbaiki dengan 2 lapis kawat jala las segi empat menjadi R-UBB. Dihasilkan benda uji US.1 sebesar 48 kN, R-US.2 sebesar 92 kN, US.2 sebesar 55 kN, R-US.2 sebesar 100 kN, UBB sebesar 35 kN dan R-UBB 45 kN [17]. Hasil persentase peningkatan kuat lentur balok dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Studi Literatur Perkuatan Menggunakan Metode *Jacketing* Pada Balok.

Komponen	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Balok (Soebandono, 2011)	Perbaikan Balok Beton Bertulang dengan Metode Jacketing dengan Bahan Ferosemen Akibat	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kenaikan beban ultimit sebelum dan setelah perbaikan (<i>retrofitting</i>), serta	Penelitian ini melakukan metode eksperimen untuk menentukan kenaikan beban ultimit sebelum dan setelah	Didapatkan persentase peningkatan kuat tekan kolom disetiap benda uji sebesar: <ul style="list-style-type: none"> • US.1 – R. US.1 = 91,677% • US. 2 – R. US.2 = 81,818%

Beban Siklik pada Beban Ultimit	mengetahui perilaku setelah perbaikan (<i>retrofitting</i>)	perbaikan (<i>retrofitting</i>), serta mengetahui perilaku setelah perbaikan (<i>retrofitting</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • $UBB - R. UBB = 28,571\%$
---------------------------------	---	--	--

Tabel 5 menjelaskan bahwa balok dengan perkuatan *jacketing* dapat meningkatkan kuat lenturnya. Benda uji perkuatan dengan pelapisan 1 lapis kawat jala las segi empat dan $f'c$ beton 20 MPa dapat meningkatkan kuat lentur sebesar 91,67%. Benda uji perkuatan dengan 2 lapis kawat jala las segi 4 dapat meningkatkan kuat lentur sebesar 81,818%. Sedangkan benda Uji dengan bentang lebih panjang 200 mm dengan 2 lapis kawat jala las segi 4 hanya dapat meningkatkan kuat lentur sebesar 28,571%. Hasil peningkatan tertinggi berada pada benda uji 1 dikarenakan hanya menggunakan perkuatan dengan pelapisan 1 lapis kawat jala las segi empat.

Tabel 7. Perbandingan Peningkatan Perkuatan dengan Penambahan Material FRP (*Fiber Reinforced Polimer*) dan Metode Jacketing pada Kolom dan Balok.

No.	Komponen	Metode Pekuatan	Peningkatan Perkuatan	
			Kuat tekan (%)	Kuat lentur (%)
1	Kolom	CFRP (<i>Fiber Reinforced Polimer</i>)	81%	-
		Jacketing	48,8%	-
2	Balok	CFRP (<i>Fiber Reinforced Polimer</i>)	-	14%
		Jacketing	-	91,67%

Pada tabel 7 perkuatan struktur bangunan gedung dengan menggunakan pelapisan FRP (*Fiber Reinforced Polimer*) dan *jacketing* dapat meningkatkan kuat tekan kolom dan kuat lentur balok. Hasil dari beberapa literasi menjelaskan penggunaan CFRP (*Fiber Reinforced Polimer*) *full* pada kolom dapat meningkatkan kuat tekan kolom silinder sampai dengan 80% dan penggunaan metode *jacketing* dapat meningkatkan kolom kubus sebesar 48,8%. Sedangkan pada balok perkuatan dengan menggunakan metode *jacketing* dapat meningkatkan kuat lentur sebesar 91,67% dan dengan CFRP (*Fiber Reinforced Polimer*) sebesar 14%. Dapat disimpulkan perkuatan dengan metode *jacketing* baik dilakukan pada kolom dan balok, tetapi tidak efektif dalam hal pengerjaannya. Sedangkan perkuataan dengan pelapisan CFRP (*Fiber Reinforced Polimer*) *full* lebih efektif dalam pengerjaannya dan juga dapat meningkatkan kuat tekan kolom dan lentur balok pada struktur bangunan. Sehingga penggunaan CFRP (*Fiber Reinforced Polimer*) lebih direkomendasikan dalam hal perbaikan struktur.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan mereview dari beberapa literatur didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Perkuatan dengan menggunakan material FRP (*Fiber Reinforced Polimer*) dapat meningkatkan kuat tekan kolom sebesar 81% dan kuat lentur balok sebesar 14%.
- Perkuatan dengan menggunakan metode *jacketing* dapat meningkatkan kuat tekan kolom sebesar 48,8% dan kuat lentur balok sebesar 91,67%.
- Perkuatan struktur dapat dilakukan dengan menggunakan pelapisan FRP (*Fiber Reinforced Polimer*) atau dengan menggunakan metode *jacketing*
- Perkuatan menggunakan pelapisan FRP lebih efektif dalam pengerjaannya dibandingkan dengan menggunakan metode *jacketing* dalam hal perbaikan struktur bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PMPUPR/8/2021 *et al.*, “Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 8 Tahun 2021 Tentang Penilai Ahli, Kegagalan Bangunan, dan Penilaian Kegagalan Bangunan,” *Republik Indones.*, p. 216866, 2021.
- [2] T. N. T. Chik, I. A. Mahmood, N. A. E. Mohamad, N. A. Yusoff, M. A. Y. Rusidi, and S. J. S. Hakim, “A Review of Structural Health Monitoring in Heritage Building due to Cracking Issues,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1347, no. 1, p. 012071, 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1347/1/012071.
- [3] A. K. J. De Thales and K. Sadegh, “Causes and Effects of Structural Cracks,” *Int. J. Mod. Trends Sci. Technol.*, vol. 8, no. 02, pp. 64–69, 2022.
- [4] S. A. Naviasih and A. Rochman, “Identification Of Causes, And Prevention Of Defect Structure And Repair Methods In The Implementation Of High-Rise Building Concrete Construction (Case Study of The Newton 2 Apartment Project) under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Interna,” *J. Ekon.*, vol. 12, no. 03, p. 2023, 2023, [Online]. Available: <http://ejournal.seaninstitute.or.id/index.php/Ekonomi>
- [5] S. Niken Kalista *et al.*, “Studi Perbandingan Kebutuhan Perkuatan Rc Jacketing Pada Variasi Rasio Gedung 6 Lantai Dengan Analisis Pushover,” vol. 3, no. 4, pp. 130–135, 2022, [Online]. Available: <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- [6] D. Kartika, “Perkuatan Struktur Gedung Akibat Alih Fungsi Bangunan,” 2013.
- [7] G. N. Luastika, A. A. Lingga, and Y. Lestyowati, “Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Glass Fiber Reinforced Polymer,” pp. 1–7, 2019.
- [8] BSN, “Keputusan Kepala Badan Standarisasi Nasional Nomor 395/KEP/BSN/9/2021 Tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 8970:2021 Panduan Perancangan Dan Pelaksanaan Beton Struktural Bertulang Batang Serat Berpolimer,” 2021.
- [9] R. B. Saputra and M. R. Ahyar, “Sistem Perkuatan Struktur menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Pada Gedung 4 Lantai,” *J. Ilm. Sultan Agung*, no. September, pp. 637–651, 2023, [Online]. Available: www.google.com
- [10] F. Aulia, R. Roestaman, and E. Walujodjati, “Pengaruh Perkuatan Beton Menggunakan CFRP Terhadap Kuat Tekan,” *J. Konstr.*, vol. 19, no. 1, pp. 128–136, 2021, doi: 10.33364/konstruksi/v.19-1.899.
- [11] E. Widyaningsih, B. Herbudiman, and S. Hardono, “Kajian Eksperimental Kapasitas Sambungan Material Fiber Reinforced Polymer,” *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 2, no. 3, pp. 29–38, 2016.
- [12] A. K. Ramzy, “Pengaruh Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Pada Kolom Pendek Terkekang Penampang Bulat,” *Rekayasa Tek. Sipil*, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/23/article/view/30689%0Ahttps://jurnalma>

hasiswa.unesa.ac.id/index.php/23/article/download/30689/27944

- [13] S. Rejeki and L. Utami, "Pengaruh Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Beton bertulang merupakan kombinasi yang baik antara beton dengan baja tulangnya . Beton mempunyai perilaku bekerja sudah melampaui kekuatan bahan , keruntuhan daktail , yaitu adanya peristiwa pembebanan ,” vol. XV, no. 1, pp. 23–42, 2019.
- [14] M. Amala, L. Dhal, V. Gokul, S. Christi, and K. Dhanasekar, "Strengthening of compression member by ferrocement with high performance mortar - Jacketing technique,” *Mater. Today Proc.*, vol. 43, pp. 1810–1818, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.10.495.
- [15] H. M. Wuaten, "Disipasi Energi Pada Kolom Di Jacketing Dengan Wire Mesh Dan Self Compacting Concrete Akibat Beban Siklik,” vol. 11, no. April, pp. 55–64, 2022.
- [16] A. Ashar and M. A. Rochman, "Perkuatan Kolom Beton Dengan Metode Jacketing Menggunakan Tulangan Bambu,” 2016.
- [17] B. Soebandono, "Perbaikan Balok Beton Bertulang dengan Metode Jacketing dengan Bahan Fero semen Akibat Beban Siklik pada Beban Ultimit,” *Semesta Tek.*, vol. 14, no. 2, pp. 166–176, 2011, doi: 10.18196/st.v14i2.546.