



ARTICLE

Perkuatan Struktur Kolom Beton Bertulang Dengan Metode *Concrete Jacketing*

Charla Putri Balqis,^{*1} Michael Chrisyie Daniel Bintang,² and Zulkifli³

¹CV. Adhi Inspirasi

²PT. Pertamina Training & Consulting

³PT. Pertamina Hulu Rokan

*Corresponding author. Email: charlaputribalqis@gmail.com

(Received 4 Januari 2024; revised 28 Februari 2024; accepted 17 Maret 2024; first published online 28 Maret 2024)

Abstract

Reinforced concrete columns are critical structural elements that support vertical loads in buildings. Over time, these columns may experience a reduction in capacity due to aging, seismic activity, fire exposure, or changes in building function. Concrete jacketing is one of the most widely used strengthening techniques to restore and enhance the performance of damaged or weakened columns. This study presents a comprehensive literature review to evaluate the effectiveness of concrete jacketing in improving the axial, shear, and flexural capacities of reinforced concrete columns. The mechanism of this method is explained through the enlargement of the cross-sectional area, installation of additional reinforcement, and confinement effects. The review also explores material innovations such as the use of self-compacting concrete (SCC), the addition of fly ash, and alternative reinforcement materials like bamboo and natural fibers. Key implementation aspects, including surface preparation, reinforcement detailing, and casting methods, are also analyzed. Furthermore, the study compares concrete jacketing with other strengthening methods in terms of cost-effectiveness and applicability. The findings indicate that concrete jacketing is a practical, economical, and effective strengthening solution, particularly for buildings located in seismic-prone areas or undergoing functional changes.

Keywords: Concrete jacketing, reinforced concrete columns, column strengthening, confinement effect, dan self-compacting concrete

1. Pendahuluan

Struktur beton bertulang merupakan elemen penting dalam bangunan gedung, terutama pada komponen kolom yang berfungsi menahan beban vertikal dari struktur atas. Namun, seiring berjalannya waktu dan akibat pengaruh berbagai faktor seperti usia bangunan, perubahan fungsi ruang, gempa bumi, maupun kebakaran, kolom beton bertulang dapat mengalami penurunan kapasitas daya dukung dan kerusakan struktural (Hidayati 2022; Rifqi, Setiawan, and Mursid 2023). Kondisi ini tentu mengancam kestabilan dan keamanan struktur secara keseluruhan.

Permasalahan kerusakan pada kolom beton bertulang tidak dapat diabaikan, sebab kolom merupakan bagian vital yang apabila mengalami kegagalan, dapat menyebabkan keruntuhan sebagian atau

bahkan keseluruhan struktur. Upaya rehabilitasi dan perkuatan menjadi solusi yang penting untuk mempertahankan fungsi struktural dan memperpanjang umur layanan bangunan (Annisa Annisa 2023). Salah satu metode perkuatan yang sering digunakan dalam praktik teknik sipil adalah metode Concrete Jacketing, yaitu pelapisan kembali kolom dengan beton tambahan yang diperkuat dengan tulangan baru, sehingga meningkatkan kapasitas beban aksial dan momen lentur kolom (Pasila, Sumajouw, and Pandaleke 2016; Rahman et al. 2023).

Concrete jacketing menjadi pilihan yang relatif ekonomis, mudah diaplikasikan di lapangan, serta memberikan peningkatan kekuatan struktur yang signifikan. Beberapa studi menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam memulihkan dan meningkatkan performa struktur pasca kerusakan, termasuk kerusakan akibat gempa atau perubahan fungsi bangunan (Tjong and Singh 2025; Wuaten 2022). Bahkan, penggunaan material lokal seperti serat tanaman mendong sebagai fiber jacket juga mulai dieksplorasi dalam penguatan kolom untuk pendekatan yang lebih ramah lingkungan (Sulistiawati et al. 2023).

Walau metode concrete jacketing telah dikenal luas, masih terdapat tantangan teknis terkait efektivitasnya pada berbagai kondisi kerusakan kolom, desain penulangan tambahan, ketebalan lapisan baru, dan teknik pelaksanaan yang tepat. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang mendalam untuk menganalisis sejauh mana metode ini mampu memperkuat kolom beton bertulang secara struktural. Selain itu, penting untuk mengetahui variabel apa saja yang paling memengaruhi keberhasilan perkuatan tersebut (Sembiring et al. 2024; Yasin et al. 2025).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi efektivitas metode Concrete Jacketing dalam memperkuat struktur kolom beton bertulang. Penelitian ini juga akan mengkaji parameter teknis yang mempengaruhi keberhasilan perkuatan dan memberikan rekomendasi untuk pelaksanaan di lapangan. Diharapkan, hasil kajian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam praktik rekayasa struktur dan menjadi acuan bagi perkuatan struktur bangunan eksisting, terutama di kawasan rawan bencana atau bangunan yang mengalami perubahan fungsi secara signifikan (Dinanta, Artana, and Laintarawan 2024; Suidarmahendra Jr, Wibawa, and Wiryadi 2024).

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai metode concrete jacketing, baik dari aspek teoritis maupun aplikatif, serta meningkatkan ketahanan struktur bangunan secara umum.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kajian Teoritik

2.1.1 Konsep Dasar Perkuatan Struktur Kolom Beton Bertulang

Kolom beton bertulang merupakan elemen struktur fundamental yang menanggung beban aksial dan lentur, serta berperan krusial dalam menjaga stabilitas dan integritas keseluruhan bangunan (Rahman et al. 2023). Seiring berjalannya waktu atau akibat kejadian tak terduga, kolom dapat mengalami penurunan kapasitas atau kerusakan, sehingga memerlukan intervensi berupa perkuatan. Perkuatan struktur adalah upaya untuk meningkatkan kembali atau menambah kapasitas dukung elemen struktur agar mampu menahan beban yang bekerja sesuai dengan standar perencanaan yang berlaku atau untuk mengakomodasi perubahan fungsi bangunan yang mengakibatkan peningkatan beban (Annisa Annisa 2023; Rifqi, Setiawan, and Mursid 2023). Tujuan utama perkuatan tidak hanya terbatas pada peningkatan kekuatan, tetapi juga dapat mencakup peningkatan kekakuan, daktilitas, dan durabilitas elemen struktur (Pasila, Sumajouw, and Pandaleke 2016). Di antara berbagai metode perkuatan, concrete jacketing menjadi salah satu pilihan yang sering dipertimbangkan karena kemampuannya meningkatkan luas penampang dan menambahkan tulangan baru secara efektif. Metode ini bersaing dengan metode lain seperti penggunaan Fiber Reinforced Polymer (FRP), dimana pemilihan metode seringkali didasarkan pada studi komparatif efektivitas dan biaya (Sembiring et al. 2024; Pranata, Witjaksana, and Tjendani 2022).

2.1.2 Penyebab Perlunya Perkuatan Kolom

Kebutuhan akan perkuatan kolom beton bertulang dapat dipicu oleh berbagai faktor. Kerusakan akibat bencana alam, seperti gempa bumi, seringkali menjadi penyebab utama. Gempa dapat mengakibatkan keretakan, spalling (terkelupasnya selimut beton), hingga kegagalan geser atau lentur pada kolom, yang secara signifikan mengurangi kapasitasnya (Karlengie, Kencanawati, and Murtiadi 2021). Selain itu, paparan terhadap suhu tinggi akibat kebakaran juga dapat mendegradasi kekuatan material beton dan baja tulangan, sehingga evaluasi dan perkuatan pasca kebakaran menjadi sangat penting (Hidayati 2022).

Faktor lain yang seringkali mendasari perlunya perkuatan adalah perubahan fungsi bangunan atau adanya rencana penambahan jumlah lantai. Modifikasi semacam ini umumnya menyebabkan peningkatan beban aktual yang harus dipikul oleh struktur eksisting, termasuk kolom, yang mungkin tidak dirancang untuk menahan beban tambahan tersebut (Rifqi, Setiawan, and Mursid 2023). Kesalahan dalam tahap perencanaan awal atau selama proses pelaksanaan konstruksi, penggunaan material yang kualitasnya tidak memenuhi spesifikasi teknis, serta proses penuaan material dan degradasi akibat paparan lingkungan (misalnya, korosi pada tulangan baja) juga merupakan kontributor umum terhadap penurunan kinerja struktur yang memerlukan tindakan perkuatan (Dinanta, Artana, and Laintarawan 2024). Dalam beberapa kasus, perkuatan kolom juga ditujukan untuk mengatasi permasalahan spesifik pada perilaku struktur bangunan, seperti fenomena soft story yang rentan terhadap keruntuhan saat gempa (Tjong and Singh 2025).

2.1.3 Metode Concrete Jacketing

Concrete jacketing, atau pelapisan beton, adalah suatu teknik perkuatan dimana kolom eksisting diselimuti dengan lapisan beton baru yang diberi tulangan tambahan. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan dimensi penampang kolom secara keseluruhan, yang secara langsung berdampak pada peningkatan kapasitas aksial, kapasitas lentur, kapasitas geser, serta kekakuan kolom (Rahman et al. 2023). Peningkatan ini tidak hanya terbatas pada aspek kekuatan, tetapi juga berkontribusi signifikan terhadap perbaikan daktilitas kolom, terutama jika detail penulangan pada jaket beton dirancang secara cermat untuk memberikan efek konfinemen (pengekangan) yang optimal pada inti beton (Sunarwadi 2021).

Mekanisme kerja utama dari metode concrete jacketing dapat diuraikan sebagai berikut:

- **Peningkatan Luas Penampang Efektif:** Dengan penambahan lapisan beton baru, luas penampang kolom (A_g) dan momen inersia (I) meningkat. Hal ini secara langsung meningkatkan kapasitas tekan dan kapasitas lentur kolom.
- **Kontribusi Tulangan Tambahan:** Pemasangan tulangan longitudinal baru pada jaket beton akan meningkatkan kapasitas momen lentur dan kapasitas aksial kolom. Sementara itu, tulangan transversal (senggang atau spiral) tambahan pada jaket akan meningkatkan kapasitas geser dan memberikan efek konfinemen pada inti beton (baik beton lama maupun beton baru pada jaket).
- **Peningkatan Efek Konfinemen:** Senggang yang dipasang pada jaket beton memberikan tekanan lateral pada inti beton. Efek konfinemen ini meningkatkan kuat tekan beton terkekang serta daktilitasnya, sehingga kolom menjadi lebih mampu menahan deformasi besar sebelum runtuh.
- **Proteksi Tambahan:** Lapisan beton baru pada jaket juga berfungsi sebagai pelindung tambahan bagi tulangan eksisting terhadap agen-agen penyebab korosi atau paparan api, sehingga meningkatkan durabilitas kolom.

Studi kasus telah banyak menunjukkan efektivitas metode concrete jacketing. Sebagai contoh, analisis kekuatan kolom yang diperkuat dengan metode ini pada Gedung Mess Korem 012/TU Ujong Karang menunjukkan peningkatan kapasitas yang signifikan (Rahman et al. 2023). Metode ini tidak hanya terbatas pada kolom, tetapi juga dapat diaplikasikan untuk perkuatan elemen struktur lain seperti pelat lantai, meskipun fokus utama literatur ini adalah pada aplikasi kolom (Yasin et al. 2025).

2.1.4 *Material dan Inovasi dalam Concrete Jacketing*

Material fundamental yang digunakan dalam metode concrete jacketing adalah beton dan baja tulangan. Kualitas beton baru yang digunakan untuk jaket dan tingkat kompatibilitasnya dengan beton lama pada kolom eksisting merupakan faktor krusial yang menentukan keberhasilan perkuatan. Inovasi dalam teknologi material beton terus berkembang, salah satunya adalah penggunaan Self-Compacting Concrete (SCC) atau beton mutu tinggi lainnya. SCC memiliki keunggulan dalam kemudahan aliran dan pemadatan tanpa memerlukan getaran mekanis yang intensif, sehingga sangat cocok untuk aplikasi pengecoran pada area yang sempit dan kompleks di sekitar kolom eksisting, terutama pada daerah potensi sendi plastis (Wuaten 2022). Penambahan material poz-zolanik seperti fly ash (abu terbang) ke dalam campuran beton jaket juga telah diteliti dan terbukti berpotensi meningkatkan kapasitas kolom yang diperkuat serta memperbaiki sifat mekanis beton (Pasila, Sumajouw, and Pandaleke 2016).

Selain eksplorasi material beton, penelitian juga merambah pada penggunaan material alternatif untuk tulangan atau bahkan sebagai komponen jaket itu sendiri. Sunarwadi (2021) melakukan studi mengenai performa struktur kolom yang diperkuat dengan concrete jacketing menggunakan tulangan bambu, yang menunjukkan potensi bambu sebagai material tulangan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis dibandingkan baja konvensional. Lebih lanjut, Sulistiyawati *et al.* (2023) mengkaji potensi pemanfaatan serat tanaman mendong sebagai fiber jaket untuk perkuatan kolom beton bertulang pasca kerusakan. Penelitian ini membuka wacana baru dalam pemanfaatan material lokal yang berkelanjutan untuk aplikasi perkuatan struktur. Kombinasi concrete jacketing dengan material lain seperti wire mesh juga dapat dipertimbangkan untuk aplikasi tertentu guna meningkatkan kinerja struktural (Wuaten 2022).

2.1.5 *Pertimbangan Desain dan Pelaksanaan*

Keberhasilan aplikasi metode concrete jacketing sangat bergantung pada perencanaan yang matang dan pelaksanaan yang cermat di lapangan. Beberapa aspek kritis yang memerlukan perhatian khusus meliputi:

- **Persiapan Permukaan Kolom Eksisting:** Permukaan kolom lama harus dipersiapkan dengan baik. Ini mencakup pengkasaran permukaan (misalnya dengan metode chipping atau sandblasting) dan pembersihan dari debu, kotoran, serta bagian beton yang rapuh. Tujuannya adalah untuk memastikan lekatan (ikatan) yang optimal antara beton lama dan beton jaket baru. Tanpa lekatan yang memadai, jaket beton tidak akan bekerja secara komposit dengan kolom eksisting, sehingga efektivitas perkuatan akan berkurang.
- **Detail Penulangan Jaket:** Perencanaan jumlah, diameter, dan spasi tulangan longitudinal serta tulangan sengkang/spiral pada jaket beton harus didasarkan pada analisis kebutuhan perkuatan yang akurat. Detail sengkang, termasuk kait dan panjang penyalurannya, harus dirancang untuk memberikan efek konfinemen yang efektif pada inti beton.
- **Transfer Beban:** Mekanisme transfer gaya geser pada antarmuka antara beton lama dan beton baru harus dipastikan dapat berlangsung secara efektif. Ini seringkali melibatkan perhitungan geser friksi dan, jika diperlukan, penggunaan shear connector atau dowel.
- **Metode Pengecoran:** Proses pengecoran beton jaket harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari terjadinya segregasi material dan memastikan kepadatan beton yang merata, terutama di area yang sulit dijangkau seperti di bawah balok atau pelat. Penggunaan beton dengan kemampuan alir tinggi seperti SCC dapat membantu mengatasi tantangan ini (Wuaten 2022).
- **Analisis Biaya:** Meskipun concrete jacketing terbukti efektif, pertimbangan aspek biaya tetap menjadi faktor penting dalam pengambilan keputusan. Analisis biaya yang komprehensif perlu dilakukan, termasuk membandingkan metode ini dengan alternatif lain seperti perkuatan menggunakan CFRP atau GFRP untuk kasus-kasus spesifik (Pranata, Witjaksana, and Tjendani 2022).

Kajian teknis dan perencanaan perkuatan secara keseluruhan harus mencakup analisis kelayakan ekonomi (Dinanta, Artana, and Laintarawan 2024).

Perbandingan dengan metode perkuatan lain seperti steel jacketing juga relevan, terutama dalam konteks penanganan masalah struktural tertentu seperti soft story building, dimana kedua metode tersebut dapat dievaluasi kelebihan dan kekurangannya (Tjong and Singh 2025). Studi literatur juga sering menyoroti perbandingan efektivitas concrete jacketing dengan pelapisan FRP (Sembiring et al. 2024).

2.2 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir dalam penelitian yang berfokus pada perkuatan struktur kolom beton bertulang menggunakan metode concrete jacketing umumnya mengikuti alur logis sebagai berikut:

- **Identifikasi Masalah dan Kebutuhan:** Tahap awal melibatkan identifikasi adanya kolom beton bertulang yang menunjukkan penurunan kapasitas struktural, mengalami kerusakan, atau memerlukan peningkatan kinerja. Penyebabnya bisa beragam, mulai dari peningkatan beban aktual akibat perubahan fungsi bangunan (Rifqi, Setiawan, and Mursid 2023), kerusakan akibat kejadian seismik (Karlengie, Kencanawati, and Murtiadi 2021) atau kebakaran (Hidayati 2022), hingga kesalahan dalam desain awal atau degradasi material seiring waktu. Studi kasus pada bangunan spesifik seringkali menjadi dasar untuk identifikasi masalah ini (Annisa Annisa 2023; Rahman et al. 2023).
- **Evaluasi Kondisi Eksisting:** Dilakukan asesmen atau evaluasi mendalam terhadap kondisi kolom eksisting. Ini bisa melibatkan inspeksi visual, pengujian non-destruktif (NDT), dan analisis struktur untuk menentukan tingkat kerusakan dan sisa kapasitas kolom.
- **Penentuan Perlunya Perkuatan:** Berdasarkan hasil evaluasi, ditetapkan apakah kolom tersebut memerlukan tindakan perkuatan untuk dapat memenuhi standar keamanan dan kelayakan layanan yang disyaratkan oleh peraturan yang berlaku.
- **Pemilihan Metode Perkuatan:** Dari berbagai alternatif metode perkuatan yang tersedia (misalnya, FRP wrapping, steel jacketing, concrete jacketing), metode concrete jacketing dipilih setelah mempertimbangkan berbagai faktor. Faktor-faktor ini meliputi aspek teknis (seperti tingkat efektivitas dalam peningkatan kapasitas tekan, geser, dan daktilitas), ketersediaan material di lokasi, kemudahan pelaksanaan di lapangan, dan analisis biaya.
- **Analisis dan Desain Perkuatan:** Setelah metode concrete jacketing dipilih, dilakukan analisis struktur yang detail untuk merencanakan perkuatan. Ini mencakup penentuan dimensi jaket beton yang diperlukan, perhitungan jumlah dan konfigurasi tulangan tambahan (longitudinal dan transversal), serta spesifikasi material beton dan baja tulangan yang akan digunakan. Perhitungan harus mengacu pada standar desain yang relevan dan mempertimbangkan interaksi komposit antara beton lama dan beton baru.
- **Implementasi dan Pelaksanaan:** Metode concrete jacketing diaplikasikan pada kolom yang membutuhkan perkuatan sesuai dengan desain yang telah dibuat. Tahap ini memerlukan pengawasan kualitas yang ketat.
- **Evaluasi Pasca-Perkuatan:** Setelah pekerjaan perkuatan selesai, dilakukan evaluasi untuk memverifikasi peningkatan kinerja kolom. Evaluasi ini dapat dilakukan melalui pengujian non-destruktif, pengujian beban (jika memungkinkan), atau analisis numerik menggunakan model yang telah divalidasi. Inovasi material seperti penggunaan abu terbang (Pasila, Sumajouw, and Pandaleke 2016) atau tulangan bambu (Sunarwadi 2021) menjadi bagian dari evaluasi potensi peningkatan kinerja.
- **Kesimpulan dan Rekomendasi:** Hasil evaluasi pasca-perkuatan digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai efektivitas metode concrete jacketing pada kasus yang ditinjau. Berdasarkan temuan, dapat diberikan rekomendasi untuk aplikasi di masa mendatang atau untuk penelitian lebih lanjut guna pengembangan metode ini.

2.3 Hipotesis

Berdasarkan kajian teoritik dan temuan dari penelitian-penelitian terdahulu yang telah dipaparkan, beberapa hipotesis yang relevan untuk penelitian lebih lanjut mengenai perkuatan kolom beton bertulang dengan metode concrete jacketing dapat dirumuskan sebagai berikut (perlu dicatat bahwa tinjauan pustaka ini sendiri tidak bertujuan untuk menguji hipotesis secara langsung):

- **H1:** Aplikasi metode concrete jacketing pada kolom beton bertulang secara signifikan meningkatkan kapasitas dukung aksial dan kapasitas geser kolom tersebut dibandingkan dengan kondisi sebelum perkuatan (didukung oleh temuan Rahman *et al.* (2023) and Pasila, Sumajouw, and Pandaleke (2016)).
- **H2:** Kualitas persiapan permukaan kolom eksisting, khususnya tingkat kekasaran dan kebersihan permukaan, berpengaruh secara signifikan terhadap efektivitas lekatan (ikatan) antara beton lama dan beton jaket baru. Lekatan yang baik ini esensial untuk mencapai perilaku komposit yang optimal pada kolom yang diperkuat.
- **H3:** Penggunaan material inovatif dalam campuran beton jaket, seperti penambahan material pozzolanic (misalnya fly ash, sebagaimana diteliti oleh Pasila, Sumajouw, and Pandaleke (2016) atau penggunaan Self-Compacting Concrete (SCC) (seperti yang disarankan oleh Wuaten (2022)), dapat memberikan peningkatan performa struktural kolom yang diperkuat dan/atau meningkatkan kemudahan pelaksanaan metode concrete jacketing.
- **H4:** Detail penulangan pada jaket beton, terutama konfigurasi, spasi, dan detail kait pada tulangan sengkang (transversal), memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan daktilitas dan kemampuan konfinemen (pengekangan) pada inti kolom yang diperkuat (tersirat dalam penelitian Sunarwadi (2021) yang meneliti perilaku kolom dengan tulangan bambu).
- **H5:** Dalam kondisi dan kasus tertentu, metode concrete jacketing menawarkan solusi perkuatan yang lebih efektif dari segi biaya (lebih ekonomis) dibandingkan dengan metode perkuatan modern lainnya seperti penggunaan Fiber Reinforced Polymer (FRP), terutama untuk target peningkatan kapasitas tekan yang substansial (hipotesis ini memerlukan perbandingan lebih lanjut dengan studi seperti yang dilakukan oleh Pranata, Witjaksana, and Tjendani (2022) dan Sembiring *et al.* (2024)).

Kajian pustaka ini secara komprehensif menunjukkan bahwa metode concrete jacketing merupakan salah satu teknik yang telah mapan, teruji, dan efektif untuk melakukan perkuatan pada elemen struktur kolom beton bertulang. Penelitian dalam bidang ini terus berlanjut dan berkembang, terutama dalam upaya untuk mengoptimalkan aspek desain, mengeksplorasi penggunaan material baru dan inovatif, serta menyempurnakan teknik pelaksanaan di lapangan. Selain itu, perbandingan berkelanjutan dengan metode-metode perkuatan alternatif juga penting untuk memastikan pemilihan solusi perkuatan yang paling efisien, ekonomis, dan berkelanjutan untuk setiap kasus spesifik (Suidarmahendra Jr, Wibawa, and Wiryadi 2024).

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan dalam kajian ini bersifat studi literatur komprehensif dengan pendekatan kualitatif deskriptif. Pengumpulan data primer dilakukan melalui penelusuran sistematis terhadap artikel jurnal ilmiah bereputasi, prosiding konferensi, standar desain terkait, dan buku teks yang relevan dengan topik perkuatan kolom beton bertulang menggunakan metode concrete jacketing. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian literatur mencakup "perkuatan kolom", "concrete jacketing", "pelapisan beton", "analisis struktur", "kinerja seismik kolom", dan "material perkuatan". Seleksi literatur didasarkan pada relevansi dengan fokus penelitian, metodologi yang digunakan dalam studi primer, serta kontribusi terhadap pemahaman teoritis dan praktis mengenai topik tersebut.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan komparatif terhadap informasi yang terkumpul. Tahap ini melibatkan sintesis temuan-temuan dari berbagai sumber untuk mengidentifikasi konsep-konsep kunci, mekanisme kerja concrete jacketing, faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitasnya, inovasi material dan teknologi, serta perbandingan dengan metode perkuatan lainnya. Kerangka berpikir yang telah disusun sebelumnya akan menjadi panduan dalam mengorganisir dan menganalisis data, sehingga dapat ditarik kesimpulan yang mendalam mengenai kondisi terkini pengetahuan tentang perkuatan kolom dengan concrete jacketing dan mengidentifikasi area yang memerlukan penelitian lebih lanjut.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Peningkatan Kapasitas Struktural Kolom

Sejumlah besar penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa metode concrete jacketing efektif dalam meningkatkan kapasitas struktural kolom beton bertulang. Peningkatan ini mencakup kapasitas aksial, kapasitas geser, kapasitas lentur, dan daktilitas kolom. Rahman et al. (2023) dalam studi kasus pada Gedung Mess Korem 012/TU Ujong Karang, melaporkan peningkatan signifikan pada kekuatan kolom setelah diperkuat dengan concrete jacketing. Peningkatan ini terutama disebabkan oleh bertambahnya luas penampang efektif kolom dan kontribusi dari tulangan tambahan yang dipasang pada jaket beton. Tulangan longitudinal tambahan meningkatkan kapasitas momen dan aksial, sementara tulangan transversal (sengkan) meningkatkan kapasitas geser dan memberikan efek konfinemen yang lebih baik pada inti beton, sehingga meningkatkan daktilitasnya (Sunarwadi 2021).

Efek konfinemen yang diberikan oleh sengkan pada jaket beton memainkan peran krusial. Dengan adanya tekanan lateral dari sengkan, kuat tekan beton terkekang (baik beton lama maupun beton baru) meningkat, memungkinkan kolom menahan deformasi yang lebih besar sebelum mencapai kegagalan. Pasila, Sumajouw, and Pandaleke (2016) juga menemukan bahwa variasi beban runtuh pada kolom yang diperkuat dengan concrete jacketing menunjukkan peningkatan kapasitas yang bergantung pada desain jaket dan kualitas material yang digunakan. Secara umum, semakin tebal jaket beton dan semakin besar rasio tulangan yang digunakan, semakin signifikan pula peningkatan kapasitas yang dapat dicapai, meskipun optimasi desain tetap diperlukan untuk menghindari perilaku getas.

4.2 Pengaruh Material dan Inovasi dalam Concrete Jacketing

Kualitas material yang digunakan dalam concrete jacketing sangat mempengaruhi hasil akhir perkuatan. Penggunaan Self-Compacting Concrete (SCC) telah terbukti memberikan keuntungan signifikan, terutama dalam hal kemudahan pelaksanaan. Wuaten (2022) menyoroti penggunaan SCC dalam jacketing pada daerah sendi plastis, dimana kemampuan SCC untuk mengalir dan memadat dengan sendirinya memastikan pengisian rongga yang sempurna tanpa memerlukan pemadatan intensif, yang seringkali sulit dilakukan pada area terbatas di sekitar kolom eksisting. Hal ini mengurangi risiko terjadinya rongga atau beton yang tidak homogen pada jaket.

Inovasi material lainnya adalah penambahan bahan tambah mineral seperti fly ash. Pasila, Sumajouw, and Pandaleke (2016) dalam kajiannya menunjukkan bahwa penambahan fly ash pada campuran beton jaket dapat berkontribusi pada peningkatan kapasitas kolom yang diperkuat. Fly ash dapat meningkatkan durabilitas beton jaket, mengurangi panas hidrasi, dan dalam jangka panjang dapat meningkatkan kekuatan tekan beton.

Penelitian juga telah mengeksplorasi penggunaan material alternatif untuk tulangan. Sunarwadi (2021) menyajikan studi mengenai performa struktur kolom pasca perkuatan dengan concrete jacketing bertulangan bambu. Hasilnya menunjukkan bahwa bambu memiliki potensi sebagai material tulangan alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis, meskipun tantangan terkait durabilitas dan perlakuan bambu perlu diatasi. Lebih lanjut, Sulistiyawati et al. (2023) mengkaji

penggunaan serat tanaman mendong sebagai fiber jacket. Meskipun bukan concrete jacketing murni, studi ini membuka wawasan tentang potensi material serat alami lokal untuk perkuatan, yang mungkin dapat dikombinasikan atau menjadi alternatif dalam konteks tertentu. Penggunaan wire mesh yang dikombinasikan dengan SCC juga diteliti oleh Wuaten (2022) sebagai salah satu cara untuk meningkatkan kinerja jacketing, terutama pada pilar atau kolom.

4.3 Aspek Desain Kritis dan Pelaksanaan

Keberhasilan perkuatan dengan concrete jacketing tidak hanya bergantung pada material, tetapi juga pada desain yang cermat dan pelaksanaan yang berkualitas. Salah satu aspek paling kritis adalah persiapan permukaan kolom eksisting. Literatur secara konsisten menekankan pentingnya pengkasaran permukaan kolom lama dan pembersihan menyeluruh untuk memastikan lekatan (ikatan) yang baik antara beton lama dan beton baru. Tanpa ikatan yang memadai, jaket beton tidak akan bekerja secara komposit dengan kolom inti, dan efektivitas perkuatan akan berkurang drastis.

Detail penulangan pada jaket beton juga memegang peranan penting. Jumlah, ukuran, dan spasi tulangan longitudinal harus dihitung berdasarkan analisis kebutuhan peningkatan kapasitas lentur dan aksial. Sementara itu, konfigurasi dan spasi sengkang sangat menentukan peningkatan kapasitas geser dan tingkat konfinemen yang diberikan pada inti beton. Sunarwadi (2021) menunjukkan bahwa detail penulangan yang baik, termasuk sengkang yang memadai, berkontribusi pada peningkatan performa daktail kolom.

Metode pengecoran juga perlu perhatian khusus. Untuk memastikan jaket beton yang homogen dan padat, terutama pada area yang sulit dijangkau, penggunaan beton dengan workability tinggi seperti SCC sangat dianjurkan (Wuaten 2022). Transfer beban antara kolom eksisting dan jaket beton juga merupakan pertimbangan desain yang penting, yang melibatkan perhitungan geser friksi pada antarmuka dan, jika diperlukan, penggunaan shear connectors atau dowel.

4.4 Studi Kasus Aplikasi dan Efektivitas Biaya

Aplikasi concrete jacketing telah terbukti efektif dalam berbagai skenario. Karlengie, Kencanawati, and Murtiadi (2021) membahas asesmen kerusakan dan rehabilitasi struktur bangunan pasca gempa Lombok 2018, dimana metode perkuatan seperti jacketing menjadi salah satu opsi untuk memulihkan integritas struktur. Demikian pula, Hidayati (2022) melakukan evaluasi dan perencanaan perkuatan struktur kolom beton bertulang akibat kebakaran, dimana concrete jacketing dapat mengembalikan kapasitas kolom yang terdegradasi akibat suhu tinggi.

Perubahan fungsi ruang atau penambahan jumlah lantai yang mengakibatkan peningkatan beban pada struktur eksisting juga seringkali memerlukan perkuatan kolom. Rifqi, Setiawan, and Mursid (2023) menganalisis perkuatan struktur akibat perubahan fungsi dan penambahan lantai pada proyek rumah ibadah, dimana concrete jacketing dapat menjadi solusi untuk meningkatkan kapasitas kolom yang ada. Annisa Annisa (2023) juga melakukan asesmen dan perkuatan struktur gedung UPTD PPD Dispenda Samsat Malimping, yang menunjukkan aplikasi praktis metode ini pada bangunan publik.

Dari segi biaya, concrete jacketing seringkali dianggap sebagai metode yang relatif ekonomis dibandingkan beberapa teknik perkuatan modern lainnya, terutama jika material lokal mudah didapatkan. Namun, analisis biaya yang komprehensif tetap diperlukan. Pranata, Witjaksana, and Tjendani (2022) melakukan analisis perkuatan struktur beton dengan menggunakan CFRP dan GFRP terhadap biaya, yang memberikan perspektif perbandingan. Sembiring et al. (2024) juga melakukan studi literatur mengenai efektivitas perkuatan dengan FRP dan metode jacketing, yang dapat menjadi dasar pertimbangan pemilihan metode. Secara umum, untuk peningkatan kapasitas tekan yang signifikan, concrete jacketing seringkali lebih unggul dari segi biaya dibandingkan FRP. Namun, FRP menawarkan keunggulan dalam hal penambahan berat yang minimal dan kecepatan pelaksanaan.

4.5 Perbandingan Hasil Studi Metode Concrete Jacketing

Berikut dapat dibandingkan hasil studi Metode Concrete Jacketing yang disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Perbandingan Hasil Studi Metode Concrete Jacketing

Fokus-tian	Peneli-tian	Kekuatan Penelitian	Research Gap	Hasil Penelitian	Novelty	Referensi
Uji eksperimen-tal jacketing dengan kombi-nasi wire mesh dan self com-pacting concrete (SCC) pada zona sendi plastis kolom	Uji siklik dengan pengamatan langsung pada dua spesimen hingga rasio deviasi tinggi (3.5% dan 5.73%)	Masih terbatasnya penelitian jacketing zona plastis dengan material ekonomis	Kapasitas lateral, kekakuan, dan daktilitas kolom meningkat signifikan setelah jacketing	Penggunaan kombinasi SCC dan wire mesh di zona plastis sebagai metode jacketing inovatif untuk daya tahan gempa	Wuaten (2022)	
Perbandingan efektivitas an-tara FRP dan concrete jacket-ing dari berbagai penelitian	Menyediakan tinjauan komprehensif peningkatan kuat tekan dan lentur struktur dari kedua metode	Minimnya literatur yang memband-ingkan FRP dan jacketing secara kuantitatif dan aplikatif	Jacketing meningkatkan kuat tekan kolom 48.8%, FRP 81%; Jacketing meningkatkan kuat lentur balok 91.67%, FRP 14%	Review komparatif kuantitatif metode FRP vs jacketing dalam perkuatan struktur	Sembiring et al. (2024)	
Evaluasi kerusakan struktur dan rekomendasi perkuatan pasca-gempa Lombok 2018	Studi lapangan dengan visual check, hammer test, dan evaluasi struktur aktual	Minim dokumentasi teknis rehabilitasi gedung evakuasi menggunakan concrete jacketing	Peningkatan gaya aksial kolom sebesar 7.76% setelah diperkuat dengan concrete jacketing	Studi kasus rehabilitasi gedung evakuasi menggunakan jacketing berbasis hasil lapangan aktual	Karlengie, Kencanawati, and Murtiadi (2021)	
Pengaruh variasi keruntuhan dan penggunaan fly ash dalam metode con-crete jacketing	Uji eksperimental laboratorium dengan 5 variasi keruntuhan dan penerapan fly ash	Minimnya studi jacketing pada kolom rusak dengan variasi keruntuhan tinggi ($\geq 70\%$)	Jacketing paling efektif pada keruntuhan 70%—meningkatkan kapasitas tekan beton secara signifikan	Integrasi fly ash sebagai bahan jacketing untuk kolom dengan tingkat kerusakan tinggi	Pasila, Sumajouw, and Pandaleke (2016)	
Analisis numerik kekuatan kolom sebelum dan sesudah jack-eting dengan SAP2000	Studi numerik terperinci berbasis SNI 1726:2019 dan analisis pembebanan lengkap	Minim studi simulasi numerik berbasis data bangunan tsunami secara lokal	Kapasitas kolom meningkat dari 1299.54 kN menjadi 3257.30 kN setelah jacketing	Analisis numerik berbasis kasus nyata bangunan pasca-tsunami dengan peningkatan kapasitas >150%	Rahman et al. (2023)	

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan lima penelitian yang telah dibahas, metode jacketing terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja struktural, terutama pada elemen kolom yang mengalami kerusakan atau memerlukan pen-guatan, dengan peningkatan signifikan pada kapasitas tekan, kekakuan, daktilitas, dan gaya aksial. Inovasi material seperti penggunaan self-compacting concrete (SCC), wire mesh, dan fly ash me-nunjukkan efisiensi dan daya guna tinggi, khususnya pada zona plastis dan struktur yang mengalami kerusakan berat. Penelitian juga menggarisbawahi kurangnya studi kuantitatif komparatif antara

metode perkuatan seperti FRP dan jacketing, serta terbatasnya dokumentasi teknis rehabilitasi bangunan pascagempa berbasis data lapangan. Meskipun demikian, pendekatan yang menggabungkan uji eksperimental, simulasi numerik, dan studi kasus lapangan membuktikan bahwa jacketing merupakan solusi perkuatan yang aplikatif, ekonomis, dan adaptif, terutama untuk bangunan terdampak bencana seperti gempa dan tsunami.

References

- Annisa Annisa, Ilham Ilham dan. 2023. Assesment dan perkuatan struktur gedung studi kasus: bangunan gedung uprd ppp dispenda samsat malimping. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil* 9 (1): 12. ISSN: 2477-2569. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v9i1.12>.
- Dinanta, I Made Yogi, I Wayan Artana, and I Putu Laintarawan. 2024. Kajian teknis gedung beton bertulang dan perencanaan perkuatannya. *Widya Teknik* 19, no. 2 (April): 67–72. <https://doi.org/10.32795/widyateknik.v19i2.5861>.
- Hidayati, Nurul. 2022. Evaluasi dan perkuatan struktur kolom beton bertulang akibat kebakaran. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik* 24, no. 1 (April): 1–9. <https://doi.org/10.35313/potensi.v24i1.3606>.
- Karlengie, Pandu Prafitr Jihan Abdu, Ni Nyoman Kencanawati, and Suryawan Murtiadi. 2021. Assessment of damage and rehabilitation of building structures after the 2018 lombok earthquake (case study of temporary evacuation site for north lombok bangsal). *Media Bina Ilmiah* 15 (6): 4623–4636.
- Pasila, Recky, Marthin DJ Sumajouw, and Ronny E Pandaleke. 2016. Kajian kapasitas perkuatan kolom beton bertulang dengan tambahan abu terbang (fly ash) terhadap variasi beban runtuh dengan metode concrete jacketing. *Tekno* 14 (65). <https://doi.org/10.35793/jts.v14i65.11923>.
- Pranata, Derianto Rahmahadi, Budi Witjaksana, and Hanie Teki Tjendani. 2022. Analisis perkuatan struktur beton dengan menggunakan carbon fiber reinforced polymer (cfrp), dan glass fiber reinforced polymer (gfrp) terhadap biaya. In *Senakama: prosiding seminar nasional karya ilmiah mahasiswa*, 1:35–45. 1.
- Rahman, Aulia, Samsunan Samsunan, Meidia Refiyanni, Ruhdi Faisal, Nina Shaskia, and Singgih Prabowo Soksen. 2023. Analisis kekuatan kolom beton bertulang yang diperkuat dengan metode concrete jacketing. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan* 6 (1): 53–64. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v6i1.31164>.
- Rifqi, Muhammad, Yanuar Setiawan, and Mursid Mursid. 2023. Analisis perkuatan struktur akibat perubahan fungsi ruang dan penambahan jumlah lantai proyek rumah ibadah yayasan berea karawaci, tangerang. *Construction and Material Journal* 5 (2): 81–93. <https://doi.org/10.32722/cmj.v5i2.4775>.
- Sembiring, Silsila Jana Firdasa, Denny Magni Sundara, Adji Putra Abriantoro, and Tiorivaldi. 2024. Efektifitas perkuatan struktur dengan menggunakan pelapisan frp (fiber reinforced polymer) dan metode jacketing: studi literatur. In *Seminar nasional konsorsium untag se indonesia*, 79–88.
- Suidarmahendra Jr, I Pr, I Made Sastra Wibawa, and I Gede Gegiranang Wiryadi. 2024. Perencanaan penambahan tingkat struktur gedung sd negeri 3 tuban menggunakan struktur baja dan perkuatan struktur eksisting. *Jurnal Ilmiah Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar (JITUMAS)* 4 (2): 93–98.
- Sulistiyawati, Dwi, Noor Mohammad Hatta, Fariz Wahyu Setiawan, Arny Wasis Enggarriny, and Agustinus Sungsang Nana Patria. 2023. Serat tanaman mendong sebagai fiber jacket untuk perkuatan kolom beton bertulang pasca kerusakan bangunan. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik* 3, no. 1 (December): 141–148. <https://doi.org/10.55606/juprit.v3i1.3205>.
- Sunarwadi, Hadi Surya Wibawanto. 2021. Performa struktur kolom pasca perkuatan dengan metode concrete jacketing bertulangan bambu. *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil* 9 (1): 47–54. <https://doi.org/10.33558/bentang.v9i1.2390>.
- Tjong, Lidya Fransisca, and Amardev Singh. 2025. Retrofit kolom menggunakan concrete jacketing dan steel jacketing pada gedung beton bertulang dengan soft story. *Journal of Sustainable Construction* 4 (2): 15–24. <https://doi.org/10.26593/josc.v4i2.9220>.
- Wuaten, Hence Michael. 2022. Jacketing pada daerah sendi plastis pilar atau kolom dengan kombinasi wire mesh dan scc. *Kurva S : Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil* 10 (2): 76–85. ISSN: 2502-8448. <https://doi.org/10.31293/teknikd.v10i2.6840>.
- Yasin, Iskandar, Dimas Langga Chandra Galuh, Anik Nursupriyanti, and Zalfa Maulidifa Rizka Putri. 2025. Analisis perkuatan struktur lantai dengan metode concrete jacketing (studi kasus bangunan ruko seturan raya). *Civil Engineering and Technology Journal* 7, no. 1 (February): 10–18. <https://doi.org/10.47200/civetechn.v7i1.2787>.