

Evaluasi dampak perbaikan pada kolom eksentris dengan metode *jacketing* (Studi Kasus: Gedung Perkuliahan X di Yogyakarta)

Muhamad Fadlan Alhamid¹, Muhammad Irfan Marasabessy^{2,*}, Wahyu Nur Rohman¹, Muhammad Zakki Rizal Hidayat¹, Mayangsari Rafiq Putri¹, Nufri Rizal Faried Hanafi¹

¹PT. Pola Data Consultant, Sleman, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Concrete Jacketing
Perbaikan Struktur
Eksentrisitas kolom

Corresponding Author:

M Irfan Marasabessy
*irfanmarssy@uii.ac.id

Abstract

Construction has various complex processes that need to be executed properly in order to achieve safe, functional and durable results. However, when carrying out construction practices, errors can occur during implementation. The problem found in the Lecture Building project was that there were columns that were eccentric during the implementation of the pedestal column and 1st floor by 20 cm. One of the most appropriate alternative solutions to reduce column shifts that can be done by using the concrete jacketing method on the pedestal columns. Concrete Jacketing or column thickening is carried out on the right side of the column to a thickness of 20 cm so that the dimensions of pedestal column which were previously 50x50 become 50x70 with the addition of stirrup reinforcement which is anchored to the existing column and longitudinal reinforcement which is anchored to the footplate foundation. The research results show that the concrete jacketing repair method can overcome the problem of column eccentricity which exceeds the ACI 117 tolerance. Behavior of building structure after the columns have been strengthened using the concrete jacketing method produces relatively smaller deviation values between floors when compared to column that have not been reinforced. The internal force on column increased after the column was strengthened using the jacketing method. The internal force in the beam which previously increased became smaller after strengthening the eccentric column. This is because the stiffness of the building structure with column reinforcement is greater than the stiffness of the previous structure.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Dalam suatu pekerjaan konstruksi bangunan gedung selalu terdiri dari beberapa tahapan yang kompleks, yang mana perlu dijalankan dengan tepat agar mencapai hasil yang sesuai dengan perencanaannya. Tetapi pada kenyataannya, praktek konstruksi sendiri dapat mengalami berbagai kendala dan kesalahan pada saat pelaksanaan berlangsung. Hal tersebut dapat disebabkan dari berbagai macam faktor, seperti

kurangnya pemahaman terhadap spesifikasi desain, kesalahan dalam pelaksanaan teknis, penggunaan material yang tidak sesuai, atau bahkan kurangnya pengawasan yang memadai selama proses konstruksi. Dampak dari kesalahan pelaksanaan konstruksi ada beberapa contoh, mulai dari masalah keamanan struktural yang dapat mengancam keselamatan pengguna, hingga masalah kualitas yang dapat mempengaruhi masa pakai bangunan.

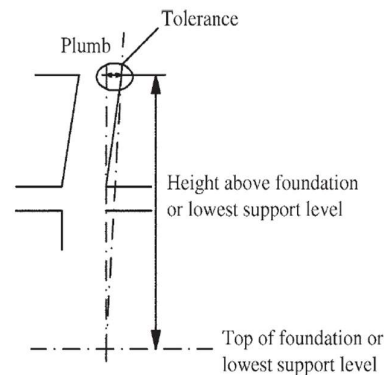
Sebagaimana permasalahan yang terjadi pada proyek Gedung Perkuliahan X di Yogyakarta, dimana ditemukan adanya kolom yang eksentris pada saat pembesian dan pengecoran kolom pedestal bergeser sejauh ± 20 cm sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 (a). Hal ini tentu berdampak pada penurunan kapasitas beban aksial dan dapat menghasilkan momen lentur tambahan yang harus ditanggung oleh kolom tersebut. Adapun toleransi kemiringan yang harus dipenuhi berdasarkan (ACI 117, 2015) yaitu untuk bangunan ketinggian dibawah 25,4 m harus lebih kecil dari 0,3% terhadap tinggi bangunan dari atas pondasi sampai ujung kolom. Adapun prosedur pengecekan toleransi pergeseran kolom berdasarkan ACI 117 dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada gambar 2(a) dapat dilihat bahwa pergeseran kolom telah melebihi toleransi yang diizinkan. Sehingga perlu adanya perbaikan untuk mereduksi kemiringan tersebut.

Salah satu alternatif solusi yang paling tepat untuk mereduksi pergeseran kolom tersebut yaitu dengan metode *concrete jacketing* pada kolom pedestal (lihat gambar 2(b)). Detail penulangan *concrete jacketing* dapat dilihat pada Gambar 3(b). Penebalan kolom dilakukan disisi kanan setebal 20 cm sehingga dimensi kolom pedestal yang sebelumnya 50x50 (lihat gambar 3(a)) menjadi 50x70 dengan penambahan tulangan sengkang yang diangkur ke kolom eksisting dan tulangan longitudinal yang diangkur ke pondasi *footplate*.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan evaluasi perbaikan dengan metode *jacketing* sebelumnya seperti Rahman (2023) menunjukkan hasil simpangan antar lantai yang lebih kecil dibandingkan dengan kolom sebelum diperkuat. Selanjutnya Khoeri (2020) dalam penelitiannya menunjukkan hasil *concrete jacketing* memiliki kinerja yang baik dalam peningkatan kekakuan struktur dan memiliki biaya pelaksanaan yang cukup murah dibandingkan dengan perbaikan lainnya.

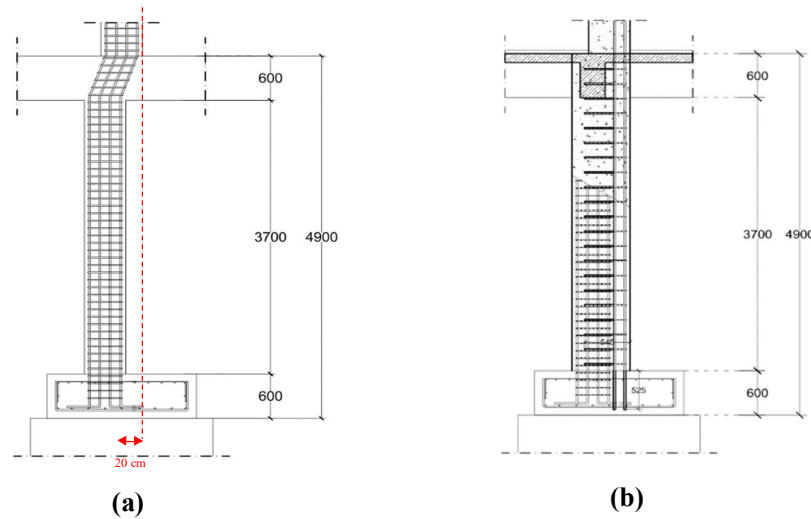
Selain itu studi yang dilakukan oleh Kaontole (2015) menunjukkan hasil pengecekan kapasitas kolom yang meningkat secara signifikan setelah diperkuat dengan *concrete jacketing*. Kemudian menurut Sayed (2020) pengaruh rasio tulangan baja vertikal pada *jacketing reinforcement concrete* dapat meningkatkan kapasitas beban ultimit kolom secara linier.



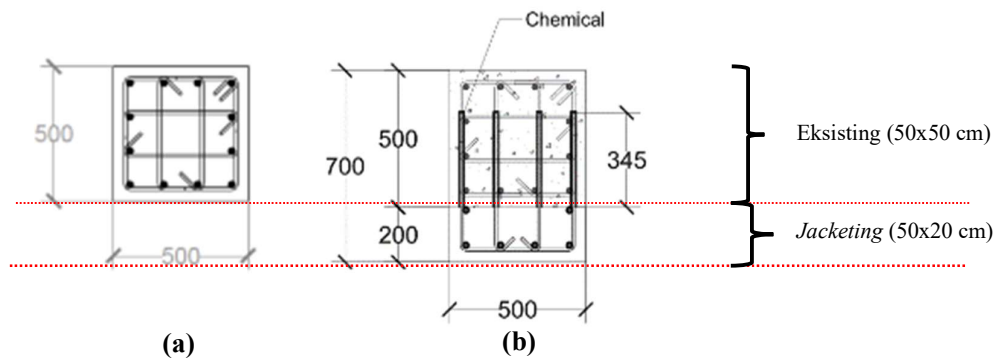
Gambar 1. Prosedur pengecekan toleransi pergeseran kolom (ACI 117, 2015)

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbaikan *concrete jacketing* terhadap simpangan antar lantai, gaya geser dasar, natural periode, gaya dalam pada kolom dan balok pada area kolom, nilai kapasitas kolom yang mengalami eksentrisitas, dan untuk mengetahui perkiraan selisih biaya antara perbaikan kolom metode *concrete jacketing* dibandingkan dengan pembongkaran dan pengecoran ulang kolom tersebut.



Gambar 2. (a) Kondisi potongan kolom yang tidak simetris (b) Perbaikan kolom dengan *concrete jacketing*



Gambar 3. Tampak detail kolom (a) kondisi eksisting tidak sentris (b) kondisi dengan perbaikan *jacketing*

Landasan Teori

Concrete jacketing

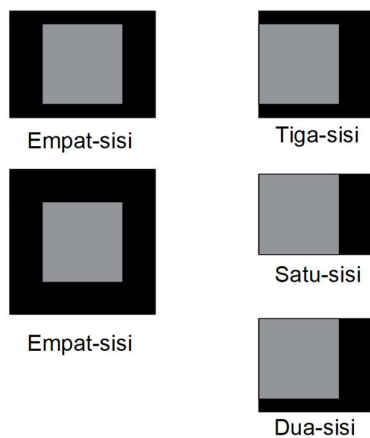
Concrete jacketing adalah metode perbaikan dan perbaikan beton dengan cara menyelimuti beton yang telah ada dengan beton tambahan. Teknik perbaikan struktur ini digunakan pada kolom bangunan yang bertujuan untuk memperbesar penampang kolom, maka penampang kolom menjadi besar dari pada sebelumnya sehingga kekuatan geser beton menjadi meningkat,

dan juga dapat mengatasi permasalahan kolom yang eksentris. Agar perbaikan *concrete jacketing* ini dapat bekerja secara maksimal, maka ada beberapa spesifikasi minimum yang harus dipenuhi. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2023), spesifikasi minimum yang harus dipenuhi antara lain

1. Mutu beton pembungkus harus lebih tinggi atau sama dengan mutu beton yang ada

2. Untuk kolom yang tidak membutuhkan tulangan longitudinal tambahan, harus ada tulangan 12 milimeter dikeempat ujungnya dengan sengkang $d/8$ milimeter.
3. Tebal *jacketing* harus setidaknya 100 milimeter.
4. Minimum $d/8$ mm untuk tulangan sengkang dan tidak boleh kurang dari $1/3$ diameter tulangan longitudinal.

Adapun tipe-tipe kolom dengan perbaikan *concrete jacketing* dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Tampak atas tipe-tipe kolom dengan perbaikan *Concrete Jacketing* (Khoeri, 2020)

Kelebihan dan kekurangan metode concrete jacketing

Menurut Kaontole (2015), kelebihan dan kekurangan perbaikan dengan *concrete jacketing* adalah sebagai berikut

Kelebihan:

1. Mampu meningkatkan kedaktilitas gedung
2. Material mudah didapat
3. Pekerjaan mudah dipahami oleh tukang terkait kekurangannya

Kekurangan:

1. Beton yang lama dibongkar pada sisi-sisinya, sehingga waktu pekerjaan sedikit lebih lama

2. Biaya relatif mahal karena perlu menambah tulangan dan beton untuk pengecoran area yang akan bertambah dimensinya
3. Pekerjaan membutuhkan waktu lebih lama karena beton harus menunggu kekerasan maksimumnya sebelum dibongkar

Menurut Ma (2017), Metode perbaikan pada struktur kolom dapat terbagi menjadi beberapa klasifikasi berdasarkan bahan material yang digunakan untuk *jacketing* antara lain menggunakan lapisan baja, lapisan beton, menggunakan FRP, dsb. Menurut Karlengie (2021) dengan menggunakan metode perbaikan *jacketing* kolom mampu meningkatkan kapasitas aksial dan kapasitas dukung dari kolom tersebut dengan menambah jumlah tulangan dan sengkang di area luar kolom beton. Menurut Defryanti (2021) dengan penambahan lantai atau beban yang mengakibatkan kapasitas kolom eksisting tidak dapat menahan beban dapat diperkuat dengan metode *concrete jacketing* sehingga kolom dapat mampu menahan beban tambahan tersebut. Menurut Raza (2019) dengan *jacketing* dengan beton bertulang telah digunakan secara luas untuk memperkuat dan memperbaiki kekurangan dan kerusakan kolom, pada pelapis beton bertulang konvensional bagian kolom diperbesar dengan cara menuang bagian beton pada penulangan baru yang telah di setting pada kolom. Menurut Anand & Sinha (2020) pengecekan *jacketing* kolom bertulang dengan metode elemen hingga mengalami kenaikan secara substansial pada kapasitas, hasil peningkatan kapasitas diperoleh dengan metode elemen hingga yaitu sekitar 16-25% dari kondisi awal.

Standar perencanaan

Standar peraturan yang digunakan di Indonesia untuk desain struktur beton diatur dalam SNI 2847 (2019) Persyaratan beton Struktural untuk bangunan Gedung, yang disusun dengan mengacu pada peraturan

ACI 117 (2015). Dengan menggunakan konsep ini, maka persyaratan dasar yang harus dipenuhi dalam desain dapat dilihat pada pers. (1) dan Pers. (2).

$$\text{Kuat rencana} \geq \text{Kuat Perlu} \quad (1)$$

$$\emptyset (\text{Kuat Nominal}) \geq U \quad (2)$$

Secara khusus untuk elemen struktur yang memikul momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial, maka dapat dituliskan secara lebih khusus seperti Pers. (3), Pers. (4), dan Pers. (5).

$$\emptyset M_n \geq M_u \quad (3)$$

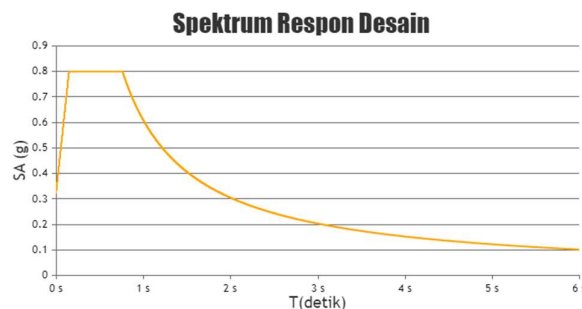
$$\emptyset V_n \geq V_u \quad (4)$$

$$\emptyset P_n \geq P_u \quad (5)$$

Metode Penelitian

Objek penelitian ini merupakan bangunan Gedung perkuliahan X yang berada di Yogyakarta. Penelitian ini melakukan analisis kapasitas kolom dengan bantuan

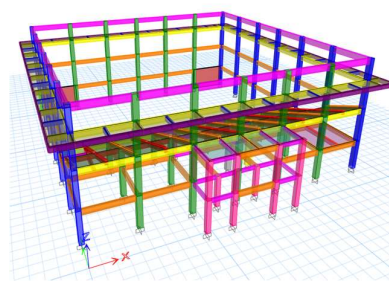
program SPColumn dan ETABS. Metodologi yang dipakai pada penelitian ini yakni metode analisis dinamis ragam respon spektrum untuk menganalisis dan membandingkan perilaku struktur bangunan dari pemodelan sebelum dan setelah dilakukan *concrete Jacketing* kolom. Perilaku struktur yaitu simpangan antar tingkat, gaya geser dasar, gaya dalam pada kolom, dan pengecekan kapasitas kolom. Metode ini digunakan desain kurva respon spektrum yang diambil dari website PUSKIM-Pekerjaan Umum dapat dilihat pada gambar 5 yang diperoleh dengan menggunakan koordinat lintang dan bujur kemudian diinput ke ETABS sebagai beban gempa dinamik. Untuk keperluan *bonding* antara beton lama dan beton baru, permukaan beton lama dibuat kasar kemudian ditambahkan zat pengikat kimia yang ditujukan agar beton menjadi monolit, metode ini sudah pernah dilakukan penelitian oleh Mahmud & Ahmed (2020).



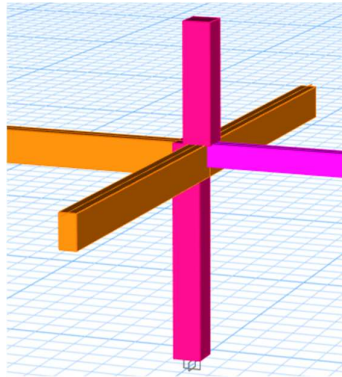
Gambar 5. Spektrum respon desain

Pemodelan struktur

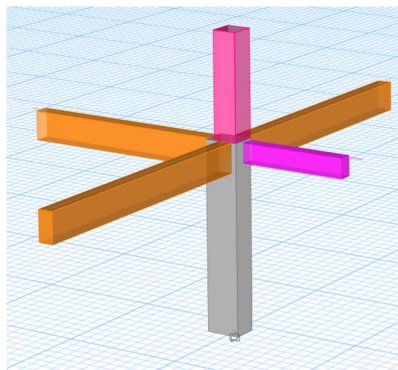
Pemodelan struktur gedung dilakukan secara 3D dengan bantuan program ETABS dan digambarkan seluruh elemen struktur yakni balok, kolom, plat lantai, dan dinding geser. Pemodelan dilakukan secara utuh untuk menyerupai bentuk aslinya. Pemodelan struktur, area tinjauan kolom yang mengalami pergeseran (eksentris), dan area yang telah diperbaiki dengan *jacketing* dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



Gambar 6. Pemodelan struktur dengan program ETABS



Gambar 7. Area tinjauan kolom yang mengalami pergeseran (eksentris)



Gambar 8. Area tinjauan kolom setelah perbaikan dengan *concrete jacketing*

Kombinasi pembebanan

SNI (BSN 1726, 2019) pasal 4.2.2
Kombinasi beban untuk metode ultimit :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0 W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L$
6. $0,9D + 1,0W$

$$7. \quad 0,9D + 1,0E$$

Kombinasi dasar untuk desain kekuatan

$$8. \quad (1,2 + 0,2 \text{ SDS})D + \rho Q_e + L$$

$$9. \quad (0,9 - 0,2 \text{ SDS})D + \rho Q_e + 1,6H$$

Untuk keperluan pembebanan mati tambahan dan hidup disesuaikan dengan masing-masing fungsi ruang sesuai dengan yang tercantum dalam SNI 1727 (2020).

Data penelitian

Dari komponen struktur pada gedung ini sudah sesuai dengan diameter tulangan yang mengacu pada SNI 2052 (2017) Komponen struktur yang dijadikan penelitian ini memiliki data sebagai berikut :

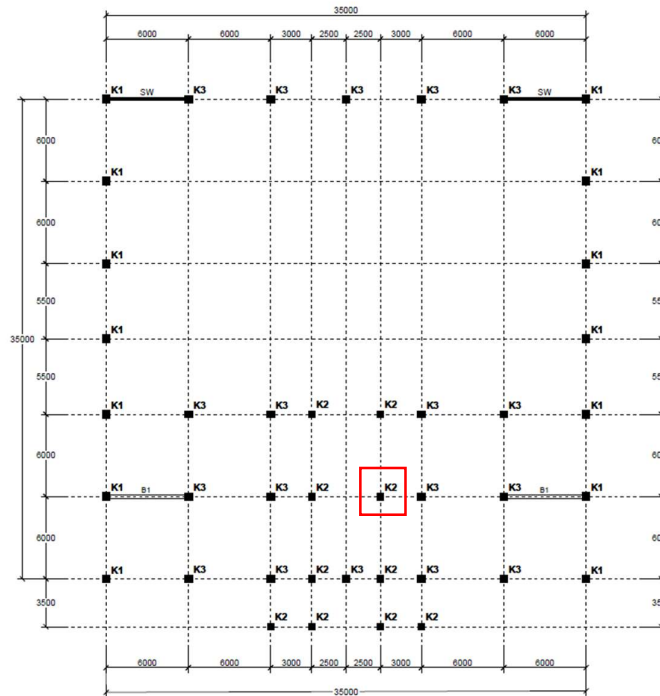
1. Mutu Beton ($f'c$) : 22,5 MPa
2. Baja tulangan ulir BJTS : 420B
3. Dimensi Kolom Ditinjau : K2-50x50
4. Tulangan Utama : 12 D22
5. Tulangan Sengkang : 2D10-100

Dari kondisi lapangan tipe kolom yang mengalami pergeseran adalah tipe kolom K2 dengan dimensi 50x50 seperti terlihat pada Gambar 7. Adapun area yang mengalami pergeseran kolom (eksentris) yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 9.

Hasil dan Pembahasan

Perbandingan simpangan antar lantai

Hasil perbandingan simpangan antar lantai ditampilkan dalam bentuk tabel berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, adapun hasil analisis perbandingan simpangan antar lantai dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.



Gambar 9. Denah area kolom eksentris

Tabel 1. Perbandingan simpangan antar lantai arah x sebelum dan sesudah perbaikan

Lantai	Tinggi Lantai mm	Elastic Displacement (mm)		Story Drift (mm)	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
2	4400	3,534	3,440	3,73	3,68
1	3900	2,517	2,436	9,23	8,93

Tabel 2. Perbandingan simpangan antar lantai arah y sebelum dan sesudah perbaikan

Lantai	Tinggi Lantai mm	Elastic Displacement (mm)		Story Drift (mm)	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
2	4400	3,970	3,908	1,82	1,76
1	3900	3,475	3,428	12,74	12,57

Dari Tabel 1, dan Tabel 2 dapat dilihat nilai simpangan antar lantai tertinggi yaitu pada gedung kolom eksentris arah Y yaitu sebesar 12,74 mm berada pada lantai 1 dengan ketinggian 3,9 m dan nilai simpangan antar lantai pada gedung kolom yang telah diperbaiki dengan *jacketing* pada area yang sama yaitu sebesar 12,57 mm, dengan

demikian semakin rendah simpangan antar lantai maka bangunan struktur gedung semakin kaku.

Perbandingan gaya geser dasar

Hasil perbandingan gaya geser dasar ditampilkan dalam bentuk tabel berdasarkan

hasil analisis yang telah dilakukan, adapun hasil analisis perbandingan gaya geser dasar dapat dilihat pada Tabel 3.

Dapat terlihat pada Tabel 3 nilai gaya geser dasar pada kolom Eksisting Arah x yaitu 2219,1425 kN dan pada kolom *jacketing* sebesar 2219,4676 kN, sehingga selisih peningkatan sekitar 0,3251 kN. Nilai gaya geser pada kolom Eksisting arah y yaitu 1941,7497 kN dan pada kolom *jacketing* yaitu 1942,0342 kN, sehingga selisih peningkatan sekitar 0,2845 kN. Dari hasil analisis terlihat perbandingan gaya geser dasar dapat setelah kolom dilakukan perbaikan *jacketing* gaya geser dasar meningkat dibandingkan dengan sebelum perbaikan.

Perbandingan gaya-gaya dalam

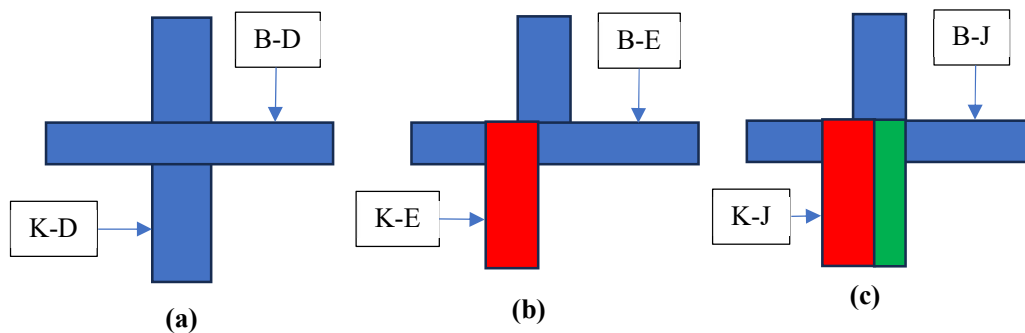
Kondisi kolom *design* awal perencanaan, kolom eksisting, dan kolom perbaikan *jacketing* dapat dilihat pada gambar 10. kolom Perbandingan gaya-gaya dalam disajikan dalam bentuk tabel berdasarkan hasil analisis dari program ETABS, untuk melihat hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Keterangan :

- K-D : Kolom desain awal perencanaan
- K-E : Kolom Eksisting (eksentris)
- K-J : Kolom *Jacketing*
- B-D : Balok desain awal perencanaan
- B-E : Balok Eksisting (eksentris)
- B-J : Balok area kolom *jacketing*

Tabel 3. Perbandingan gaya geser dasar

	<i>Base Shear</i> (kN)		Selisih peningkatan (kN)
	Eksisting	<i>Jacketing</i>	
Arah x	2219,1425	2219,4676	0,3251
Arah y	1941,7497	1942,0342	0,2845



Gambar 10. Kondisi kolom dan balok (a) Kolom desain awal perencanaan (b) Kolom eksisting eksentris (c) Kolom setelah perbaikan *jacketing*

Tabel 4. Perbandingan gaya dalam pada kolom

Tipe Kolom	Gaya Aksial (kN)	Momen- 1 (kNm)	Momen-2 (kNm)
K-D	851,927	135,317	100,78
K-E	794,154	123,287	116,67
K-J	894,784	180,401	240,416

Tabel 5. Perbandingan gaya dalam pada balok

Tipe Balok	Momen (kNm)	Gaya Geser (kN)
B-D	19,462	18,671
B-E	101,67	877,61
B-J	19,429	20,222

Dari Tabel 4 terlihat bahwa nilai gaya aksial pada kolom terkecil terdapat pada tipe kolom Eksentris K-E yaitu sebesar 794,154 kN. Gaya aksial kolom terbesar terdapat pada tipe kolom Jacketing K-J yaitu sebesar 894,784 kN. Dapat terlihat pada Tabel 5 Balok B-E mengalami peningkatan secara signifikan dari momen dan juga gaya geser yang disebabkan oleh gaya aksial dari kolom eksentris, nilai momen dari Balok B-E yaitu sebesar 101,67 kNm dan nilai gaya geser sebesar 877,61 kNm. Dapat dilihat pada Tabel 5 momen dan gaya geser pada balok area kolom yang sudah di perkuat dengan *jacketing* B-J mengalami penurunan dengan nilai momen sebesar 19,429 kNm dan gaya geser sebesar 20,22 kN. Hal ini membuktikan bahwa dengan perbaikan kolom *jacketing* dapat mengurangi gaya geser dan momen berlebih pada balok.

Perbandingan natural periode

Hasil perbandingan natural periode ditampilkan dalam bentuk tabel berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, adapun

hasil analisis perbandingan natural periode dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan natural periode

Periode (sec)	
Eksisting	Jacketing
0,640	0,639

Dari Tabel 6 terlihat bahwa nilai natural periode pada kolom eksisting yaitu 0,640 detik, dan nilai natural periode pada kolom setelah diperkuat dengan *jacketing* yaitu 0,639 detik. Dari hasil kedua nilai natural periode tersebut dapat dilihat dengan melakukan perbaikan pada kolom eksentris nilai natural periode menurun sehingga struktur lebih kaku dibandingkan dengan sebelum perkuatan.

Perbandingan kapasitas kolom

Perhitungan kapasitas penampang kolom dapat dianalisis dengan cara perhitungan manual menggunakan peraturan SNI 2847 (2019) sebagai dasar perencanaan kolom. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7. Perbandingan kapasitas aksial kolom

Titik Tinjauan ETABS	Tipe Kolom	Kapasitas Aksial Kolom (Pn)		Selisih peningkatan (kN)
		Eksisting (kN)	Jacketing (kN)	
C66	K2	5240	6035	795

Dari Tabel 7 dapat dilihat dengan metode *concrete jacketing* pada kolom mampu

meningkatkan kapasitas aksial penampang kolom. Metode perbaikan ini meningkatkan

kapasitas aksial kolom sebesar 6035 kN dari kapasitas aksial kolom yang sebelum diperbaiki sebesar 5240 kN, sehingga selisih peningkatan yang terjadi pada kolom setelah diperkuat dengan metode *concrete jacketing* yaitu sebesar 795 kN.

Aspek Biaya

Dari hasil analisa biaya didapatkan dengan perbaikan kolom dengan metode *concrete jacketing* didapatkan nominal biaya sebesar Rp.5.422.511 yang diperoleh berdasarkan volume besi tulangan area *jacketing*, bekisting, *injectable adhesive anchor*, *Bonding* agen (perekat beton lama dan baru), dan beton ready mix F'c 25 MPa. Kemudian apabila dihitung dengan metode pembongkaran dan pembuatan kolom baru didapatkan nominal biaya sebesar Rp.13.824.097 yang diperoleh berdasarkan volume bongkaran kolom dan *footplate*, pekerjaan beton ready mix F'c 25 MPa untuk *footplate* dan kolom, pekerjaan pembesian *footplate* dan kolom, dan bekisting untuk pekerjaan *footplate* dan kolom. jika dilihat dari kedua hasil analisa biaya tersebut perbaikan kolom dengan metode *concrete jacketing* lebih murah dibandingkan dengan pembuatan kolom baru dengan selisih biaya Rp.8.401.586.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan metode perbaikan *concrete jacketing* dapat mengatasi permasalahan eksentrisitas kolom yang melebihi toleransi ACI 117. Selain itu perbaikan *concrete jacketing* juga menghasilkan nilai simpangan antar lantai yang relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan kolom yang belum diperkuat. Nilai gaya geser dasar meningkat setelah kolom diperkuat dengan *concrete jacketing*. Nilai natural periode menurun setelah diperkuat dengan *concrete jacketing*. Gaya dalam mengalami peningkatan setelah kolom diperkuat dengan metode *jacketing*, Gaya dalam pada balok yang sebelumnya meningkat menjadi lebih kecil setelah dilakukan perkuatan pada kolom eksentris.

Hal ini disebabkan karena kekakuan struktur bangunan dengan perbaikan pada kolom lebih besar dibandingkan kekakuan struktur sebelum kolom diperkuat.

Perbaikan dengan metode *jacketing* efektif untuk meningkatkan kapasitas penampang aksial kolom, dan jika dibandingkan dari segi biaya pembobokan dan pembuatan kolom baru, metode perbaikan dengan *concrete jacketing* masih lebih murah. Sehingga perbaikan dengan metode *concrete jacketing* merupakan salah satu alternatif solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi kolom yang mengalami pergeseran atau eksentrisitas pada kolom.

Daftar Pustaka

- ACI 117. (2015). *Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117-10) and Commentary (ACI 117R-10)* (Vol. 10, Issue Reapproved).
- Anand, P., & Sinha, A. K. (2020). Effect of reinforced concrete jacketing on axial load capacity of reinforced concrete column. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 6(7), 1266–1272. <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091546>
- BSN 1726. (2019). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung* (Issue 8). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN 1727. (2020). SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. In *SNI 1727-2020* (Issue 8). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- BSN 2052. (2017). *Baja Tulangan Beton*. In *SNI 2052-2017*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- BSN 2847. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. In *Sni 2847-2019* (Issue 8). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Defryanti, dkk. (2021). *Kota Langsa Analysis of the Addition Structure of the Shop Floor in Langsa City*. 2(2), 23–31.
- Kaontole. (2015). *Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Metode Concrete Jacketing*.
- Karlengie, D. (2021). *Assessment of damage and rehabilitation of building structures after the 2018 lombok earthquake*. 15(6), 4623–4636.
- Khoeri, H. (2020). *Pemilihan Metode Perbaikan dan Perkuatan Struktur Akibat Gempa*. *Konstruksia*, 12(1), 93–103.
- Ma, dkk. (2017). *Repair and rehabilitation of concrete structures using confinement: A review*. *Construction and Building Materials*, 133, 502–515. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.20>

16.12.100

- Mahmud, R., & Ahmed, K. S. (2020). Interface dependency of reinforced concrete jacketing for column strengthening. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings*, *173*(1), 31–41. <https://doi.org/10.1680/jstbu.17.00124>
- Rahman, dkk. (2023). Analisis Kekuatan Kolom Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Metode Concrete Jacketing (Studi Kasus Gedung Mess Korem 012 / Tu Ujong Karang). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan (JARSP)*, *6*(1), 53–64. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v6i1.31164>
- Raza, D. (2019). Strengthening and repair of reinforced concrete columns by jacketing: State-of-the-art review. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(11). <https://doi.org/10.3390/su11113208>
- Sayed, D. (2020). Experimental behavior of cracked reinforced concrete columns strengthened with reinforced concrete jacketing. *Materials*, *13*(12), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ma13122832>