

# ANALISIS PERKUATAN STRUKTUR BETON MENGGUNAKAN METODE CONCRETE JACKETING DAN FIBER REINFORCED POLYMER (FRP)

Sarah Azzima Suherman\*, Budi Kudwadi, Ben Novarro Batubara

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi Industri, Universitas Pendidikan Indonesia  
Jl. Dr. Setiabudi No.229, Bandung, Jawa Barat 40154, Indonesia.

\*Corresponding author: sarahazzima01@gmail.com

## Abstract

Structural damage is usually found in buildings that have changed function and are old. Damage can affect the feasibility of the building. Repair and strengthening of building structures need to be done so that the development goals can be achieved again. The purpose of this study was to determine the structural strength of the existing Rusunawa Cingised building in Bandung City and its reinforcement using the concrete jacketing method and the FRP method. The research method uses comparative research to explore the differences between two or more situations, events, activities, or plans. The data collection technique uses purposive sampling. The analysis method is carried out using SAP2000 software by entering dead loads, live loads, wind loads according to SNI, and earthquake response spectrum loads. Columns that do not meet capacity are further analyzed and their reinforcement is planned using two methods, namely concrete jacketing and FRP. From the analysis results, the existing columns from the ground floor to the 4th floor columns with the same dimensions of 350x350 mm, there are 17 columns that do not meet the structural capacity. Reinforcement was carried out using the concrete jacketing method, the number of columns reinforced with jacketing became dimensions of 550x550 mm as many as 23 pieces spread across the ground floor, 1st floor, and 2nd floor. Meanwhile, in FRP reinforcement, it requires 5 layers of 1.2 thick carbon fiber, installed on the columns from the ground floor to the 1st floor.

**Keywords:** building, concrete jacketing, existing building, Fiber Reinforced Polymer (FRP), reinforcement, SAP2000.

## Abstrak

Kerusakan struktur biasanya ditemukan pada bangunan yang beralih fungsi dan sudah berusia. Kerusakan dapat mempengaruhi kelayakan bangunan. Perbaikan dan penguatan struktur bangunan perlu dilakukan agar tujuan pembangunan dapat dicapai kembali. Tujuan penelitian untuk mengetahui kekuatan struktur kolom bangunan gedung eksisting Rusunawa Cingised Kota Bandung dan penguatannya menggunakan metode *concrete jacketing* serta metode FRP. Metode penelitian menggunakan penelitian komparatif untuk mengeksplorasi perbedaan antara dua atau lebih situasi, peristiwa, aktivitas, atau rencana. Teknik pengumpulan data menggunakan *purposive sampling*. Metode analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan memasukkan beban mati, beban hidup, beban angin sesuai SNI, serta beban gempa respons spektrum. Kolom yang tidak memenuhi kapasitas dianalisis lebih lanjut dan direncanakan penguatannya menggunakan dua metode, yaitu *concrete jacketing* dan FRP. Dari hasil analisis, kolom eksisting dari lantai dasar sampai dengan kolom lantai 4 yang berdimensi sama besar 350x350 mm terdapat 17 buah kolom tidak memenuhi kapasitas struktur. Dilakukan penguatan menggunakan metode *concrete jacketing*, jumlah kolom yang diperkuat dengan *jacketing* menjadi dimensi 550x550 mm sebanyak 23 buah tersebar pada lantai dasar, lantai 1, dan lantai 2. Sedangkan pada penguatan FRP, memerlukan serat karbon ketebalan 1,2 sebanyak 5 lapis, dipasangkan pada kolom lantai dasar sampai lantai 1.

**Kata Kunci :** bangunan, bangunan eksisting, *concrete jacketing*, Fiber Reinforced Polymer (FRP), penguatan, SAP2000.

## PENDAHULUAN

Kerusakan struktur pada bangunan biasanya ditemukan pada bangunan yang mengalami perubahan fungsi dan sudah berusia. Kedua hal tersebut dapat mempengaruhi kelayakan bangunan. Kerusakan pada bangunan struktur memiliki bentuk dan tingkatan berbeda mulai dari kerusakan ringan sampai berat tergantung penyebab kerusakannya. Kerusakan tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti, kesalahan dalam perhitungan atau perencanaan awal, kesalahan manusia pada saat pelaksanaan konstruksi (*human error*), faktor biaya, dan bencana alam (Agustinus & Lesmana, 2019). Jika kerusakan struktur bangunan terjadi, maka kekuatan (*strength*), keselamatan (*safety*), kenyamanan (*serviceability*), dan umur rencana bangunan (*durability*) yang telah direncanakan tidak mungkin terlaksana dengan baik serta rawan terjadi keruntuhan.

Perbaikan dan perkuatan struktur bangunan perlu dilakukan apabila kerusakan terjadi agar tujuan dari pembangunan dapat dicapai kembali. Di Indonesia sudah beberapa kali dilakukan revisi terhadap peraturan-peraturan terkait pembangunan bangunan sipil. Contohnya adalah mengenai persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dimuat dalam SNI 2847:2013 yang kemudian direvisi menjadi SNI 2847:2019 serta peraturan SNI seperti terkait pembebanan, akibat gempa, baja, mutu, dan lainnya yang juga mengalami revisi. Revisi terkait peraturan-peraturan tersebut dapat memicu meningkatnya *safety factor* yang nantinya akan berpengaruh pada kriteria umum desain. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi kapasitas bangunan menggunakan program SAP2000 untuk mengetahui kekuatan bangunan eksisting memenuhi kapasitas struktur berdasarkan pemodelan SAP2000 yang mengacu pada standar acuan (SNI) yang berlaku.

Perkuatan dan perbaikan pada struktur beton pada suatu bangunan gedung dilakukan untuk mengembalikan umur layanan gedung (Saruni & Manalip, 2017; Wiguna dkk, 2019). Bangunan struktur yang riskan terhadap beban baru yang diberikan maupun kesalahan perencanaan sebelum konstruksi memerlukan perkuatan, sehingga perlu adanya peninjauan kembali atau penambahan elemen struktur tambahan pada strukturnya (Purmawinata & Leo, 2020). Perkuatan dilakukan dengan mempertimbangkan antara biaya, waktu, kemudahan dalam pelaksanaan, estetika, dan mutu perkuatan. Telah banyak dilakukan penelitian yang dikembangkan untuk mendapatkan metode perkuatan yang baik. Teknik perbaikan dan perkuatan yang dikembangkan antara lain adalah dengan mengisi portal dengan beton atau batu bata, menambah kolom, memberikan brasing pada portal, memperbesar kolom (*jacketing*) baik dengan beton, beton bertulang, baja ataupun dengan *Fyber Carbon*, mengurangi massa bangunan atau menambah redaman bangunan, serta menambah kekuatan struktur (Khoeri, 2020; Mugahed, 2018; Musheny, 2020). Jenis-jenis perkuatan yang terdapat pada struktur beton adalah dengan melakukan *concrete jacketing*, *steel jacketing*, dan *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) (Pranata dkk., 2022).

Perkuatan dengan metode *concrete jacketing* adalah metode memperbesar dimensi dari beton eksisting dengan beton yang baru dengan cara menyelimuti beton yang telah ada dengan beton tambahan (Akbar, 2019; Sabariman, 2018). Metode *steel jacketing* merupakan suatu teknik untuk memperkuat kolom persegi beton bertulang yang terdiri dari empat sudut baja longitudinal yang ditempatkan di setiap sudut kolom membentuk kerangka yang dihubungkan dengan strap baja transversal (Khoeri, 2020).

*Fiber Reinforced Polymer* (FRP) merupakan serat karbon (*fiber carbon*) dengan setidaknya mengandung 90% karbon yang tidak menunjukkan korosi atau pecah pada suhu kamar serta dapat digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan suhu tinggi, kelembaman, dan redaman sehingga jenis material karbon cocok digunakan untuk perkuatan kolom (Mansur, 2018). FRP merupakan metode alternatif pengganti tulangan baja untuk struktur beton (ACI Committee 440., 2015).

Gedung Rusunawa Cingised Kota Bandung merupakan bangunan rumah susun yang terletak di Kawasan Jalan Cingised No. 125, Cisantren Kulon, Kecamatan Arcamanik, Kota Bandung. Bangunan ini terdiri dari 5 lantai dengan konstruksi struktur beton bertulang. Bangunan ini telah berusia 18 tahun dan beberapa kolom pada bangunan ini memerlukan perbaikan karena mengalami retakan ataupun keropos. Dari hasil analisis dari beberapa tes yang dilakukan di lapangan, terdapat indikasi awal bahwa tulangan yang terpasang di lapangan belum memenuhi kebutuhan tulangan minimum yang harus terpasang pada penampang kolom sehingga diperlukan perkuatan. Metode perkuatan struktur beton yang digunakan pada penelitian ini adalah *Concrete Jacketing* dan *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*. Kedua jenis metode ini masing-masing akan dianalisis apabila akan digunakan dalam perkuatan beton kolom pada bangunan Rusunawa Cingised Twin Blok 1 Kota Bandung. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dengan judul ‘Analisis Perkuatan Struktur Beton Menggunakan Metode Concrete Jacketing Dan Fiber Reinforced Polymer (FRP) Studi Kasus: Gedung Rusunawa Cingised Twin Blok 1 Kota Bandung’.

Tujuan dari penelitian adalah 1) Mengetahui kekuatan struktur kolom dalam bangunan eksisting Gedung Rusunawa Cingised Kota Bandung; 2) Mengetahui jumlah struktur kolom eksisting pada bangunan Gedung Rusunawa Cingised Kota Bandung yang akan diperlakukan dengan metode perkuatan Concrete Jacketing; 3) Mengetahui jumlah kolom yang akan diperkuat dengan FRP dan spesifikasi FRP yang akan digunakan pada struktur kolom eksisting bangunan Gedung Rusunawa Cingised Kota Bandung.

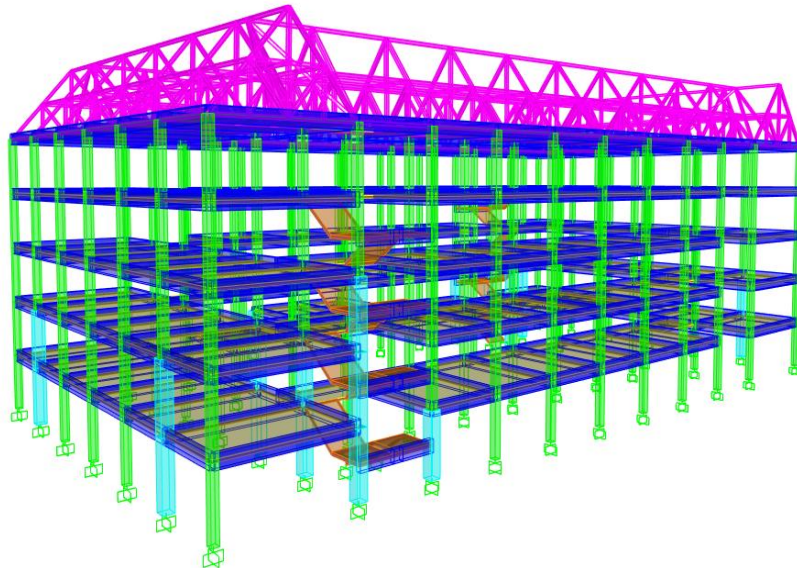
## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu metode penelitian komparatif. Dalam penelitian ini seluruh elemen dalam komponen penelitian dihubungkan dan dianalisis. Analisis dilakukan dengan program SAP2000 untuk mengecek kapasitas kekuatan struktur kolom yang dapat dilihat pada Gambar 1. Kolom yang terindikasi belum memenuhi kapasitas struktur pada bangunan diperkuat masing-masing dengan metode *concrete jacketing* dan FRP. Metode ini dilakukan dengan menggunakan sistem analisis hitungan yang didasarkan pada data yang diperoleh dari data lapangan, sedangkan pembahasan hasil perhitungan didasarkan pada teori yang diperoleh dari sejumlah literatur. Berikut adalah data struktur dan gambar model 3D struktur Gedung Rusunawa Cingised Twin Blok 1 Kota Bandung.

Lokasi bangunan	: Kota Bandung
Fungsi bangunan	: Rumah Susun
Jenis struktur	: Beton Bertulang
Tahun didirikan	: 2007
Jumlah lantai	: 5 (Lima)

Analisis dilakukan dengan memodelkan struktur secara tiga dimensi dimulai dari balok, kolom, pelat lantai, pelat atap, serta komponen struktur gedung lainnya ke dalam program berdasarkan *as built drawing*. Beban yang didefinisikan dalam program meliputi beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup. Adapun pembebanan gempa yang diterapkan, yakni metode respon spektrum dan metode riwayat waktu (*time history*).

Setelah dilakukan pemodelan, seluruh parameter dimasukkan dan analisis dijalankan. Setelah analisis dilakukan, diperoleh output yang menyatakan sebanyak 17 kolom belum memenuhi kapasitas kekuatan struktur menurut hasil pemodelan SAP2000 v.22.



Gambar 1 Pemodelan SAP2000 v.22

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Pembebanan Struktur Gedung

Definisi analisis pembebanan dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan memasukkan beban mati, beban hidup, beban angin sesuai SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019, serta beban gempa respons spektrum. Beban mati tambahan pada penampang balok meliputi (1) berat dinding sebesar 600 kg/m untuk dinding dengan tinggi 2,4 m; (2) Berat *railing rooster* sebesar 45 kg/m untuk *railing* dengan tinggi 1 m; (3) Berat dinding *rooster* sebesar 112 kg/m untuk dinding dengan tinggi 2,4 m. Beban mati tambahan pada penampang plat lantai, tangga meliputi (1) Berat instalasi mekanikal elektrik (ME) dan *finishing* lantai sebesar 137 kg/m<sup>2</sup>; (2) Berat anak tangga dan *finishing* lantai sebesar 220 kg/m<sup>2</sup>; (3) Berat *finishing* pada bordes tangga sebesar 112 kg/m<sup>2</sup>. Beban hidup yang dimasukkan sebesar 488 kg/m<sup>2</sup> berdasarkan SNI 1727:2020 (hunian rumah tinggal koridor utama bangunan publik). Analisis gempa dinamik menggunakan analisis ragam respons berdasarkan parameter untuk Kota Bandung, Arcamanik, dengan koordinat Bujur /*Longitude* 107.6744134° dan Lintang /*Latitude* -6.9276538° dengan bantuan program SAP2000 v22.

Kombinasi pembebanan yang digunakan merupakan kombinasi pembebanan *ultimate* berdasarkan pada SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain dengan kombinasi pembebanan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Kombinasi Pembebanan *Ultimate* Struktur Gedung

Kombinasi	DL	SIDL	LL	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	E <sub>x</sub>	E <sub>y</sub>
Comb. 1	1,4	1,4					
Comb. 2	1,2	1,2	1,6				
Comb. 3	1,2	1,2		0,5			
Comb. 4	1,2	1,2		-0,5			
Comb. 5	1,2	1,2			0,5		
Comb. 6	1,2	1,2			-0,5		
Comb. 7	1,2	1,2		0,375	0,375		
Comb. 8	1,2	1,2		-0,375	-0,375		
Comb. 9	1,2	1,2	1	1			
Comb. 10	1,2	1,2	1	-1			
Comb. 11	1,2	1,2	1		1		
Comb. 12	1,2	1,2	1		-1		
Comb. 13	1,3629	1,3629	1			1,3	0,39

Kombinasi	DL	SIDL	LL	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	E <sub>x</sub>	E <sub>y</sub>
Comb. 14	1,3629	1,3629	1			1,3	-0,39
Comb. 15	1,3629	1,3629	1			-1,3	0,39
Comb. 16	1,3629	1,3629	1			-1,3	-0,39
Comb. 17	1,3629	1,3629	1			0,39	1,3
Comb. 18	1,3629	1,3629	1			-0,39	1,3
Comb. 19	1,3629	1,3629	1			0,39	-1,3
Comb. 20	1,3629	1,3629	1			-0,39	-1,3
Comb. 21	0,7371	0,7371				1,3	0,39
Comb. 22	0,7371	0,7371				1,3	-0,39
Comb. 23	0,7371	0,7371				-1,3	0,39
Comb. 24	0,7371	0,7371				-1,3	-0,39
Comb. 25	0,7371	0,7371				0,39	1,3
Comb. 26	0,7371	0,7371				-0,39	1,3
Comb. 27	0,7371	0,7371				0,39	-1,3
Comb. 28	0,7371	0,7371				-0,39	-1,3

### Gaya Analisis Kapasitas Struktur

Analisis jumlah ragam/ partisipasi massa didapatkan berdasarkan hasil analisis menggunakan program SAP2000 v22, struktur eksisting Rusunawa Cingised Twin Blok I memiliki jumlah ragam/ partisipasi massa sebesar 97,5% untuk arah X dan jumlah ragam partisi massa sebesar 97,6% untuk arah Y pada modal mode 12 sehingga memenuhi syarat memiliki partisipasi massa lebih besar dari 90%.

Periode struktur berdasarkan hasil perhitungan nilai koefisien untuk batas periode ( $C_u$ ) dikalikan dengan nilai periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) diperoleh nilai periode maksimum ( $T_{max}$ ) sebesar 0,923 detik. Hasil analisis menggunakan program SAP2000 v22, diperoleh nilai periode analisis arah X ( $T_{cx}$ ) sebesar 0,986 detik dan periode analisis arah Y ( $T_{cy}$ ) sebesar 1,038 detik, dalam penentuan periode fundamental struktur ( $T$ ) dilakukan perbandingan antara nilai  $T_{cx}$  dan  $T_{cy}$  terhadap nilai  $T_{max}$ , nilai terkecil selanjutnya digunakan sebagai periode fundamental struktur arah X ( $T_x$ ) dan periode fundamental struktur arah Y ( $T_y$ ). Maka dalam hal ini  $T_{cx} = T_x$  dan  $T_{cy} = T_y$ . Periode Fundamental Struktur secara rinci ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Periode Fundamental Struktur

No	Parameter	Kode	Nilai	Satuan
1	Percepatan desain periode 1 detik	Sd1	0,6124	
2	Koefisien untuk batas periode	$C_u$	1,4	
3	Sistem beton pemikul momen	$C_t$	0,466	
		x	0,9	
4	Tinggi bangunan (Seismik)	h	19	meter
5	Periode fundamental pendekatan	$T_a$	0,6569	detik
6	Periode maksimum	$T_{max}$	0,923	detik
7	Periode analisis SAP2000 arah X	$T_{cx}$	0,986	detik
8	Periode analisis SAP2000 arah Y	$T_{cy}$	1,038	detik
9	Dipakai periode arah X	$T_x$	0,923	detik
10	Dipakai periode arah Y	$T_y$	0,923	detik

Dari program SAP2000 v22 juga diperoleh nilai gaya geser statik arah X dan gaya geser statik arah Y sebesar 2.206,932 sehingga dapat diartikan bahwa kontrol gaya geser dasar seismik dengan gaya geser dasar statis sudah sesuai karena nilainya sama sebesar 2.206 kN untuk arah X dan arah Y seperti pada Tabel 3.

Kontrol penskalaan gaya menggunakan program SAP2000 v22 dengan faktor skala gaya yang baru bahwa gaya geser dasar analisis struktur arah X dan gaya geser dasar analisis struktur arah Y menghasilkan nilai

yang sama seperti nilai gaya geser dasar seismik dan statik sebesar 2.206 kN. Untuk analisis gaya dalam struktur dilakukan juga kontrol simpangan antar lantai (*story drift*), kontrol pengaruh P-Delta, dan analisis gaya dalam struktur menggunakan program SAP2000 v22 menghasilkan data pada Tabel 4.

Tabel 3 Kontrol Gaya Dasar Seismik dan Statik

No	Parameter	Kode	Nilai	Satuan
1	Koefisien respon seismik Batas atas	Cs	0,1018	
		Cs.max.x	0,0829	
	Batas Bawah	Cs.min.1	0,0358	
		Cs.min.1	0,0322	
	Koefisien respon seismic arah X		0,0829	
	Koefisien respon seismic arah Y		0,0829	
2	Berat seismic efektif (SAP2000)	W	26617	kN
3	Gaya geser dasar seismik	Vx	2.206,630	kN
		Vy	2.206,630	kN
4	Gaya geser statik (SAP2000)	Vx	2.206,630	kN
		Vy	2.206,630	kN

Tabel 4 Gaya-Gaya Dalam yang Bekerja pada Struktur Kolom

Penampang	Frame Label	P kN	V2 kN	V3 kN	M2 kN-m	M3 kN-m
Kolom lantai dasar	43	624,88	154,9	71,831	94,78	6,1492
Kolom lantai 1	422	558,01	7,294	-29,574	-3,6042	-91,767
Kolom lantai 2	423	327,71	22,39	-17,554	28,413	-31,203
Kolom lantai 3	460	213,24	51,41	8,938	-12,28	-81,394
Kolom lantai 4	413	126,63	-23,82	5,716	-9,2618	24,179

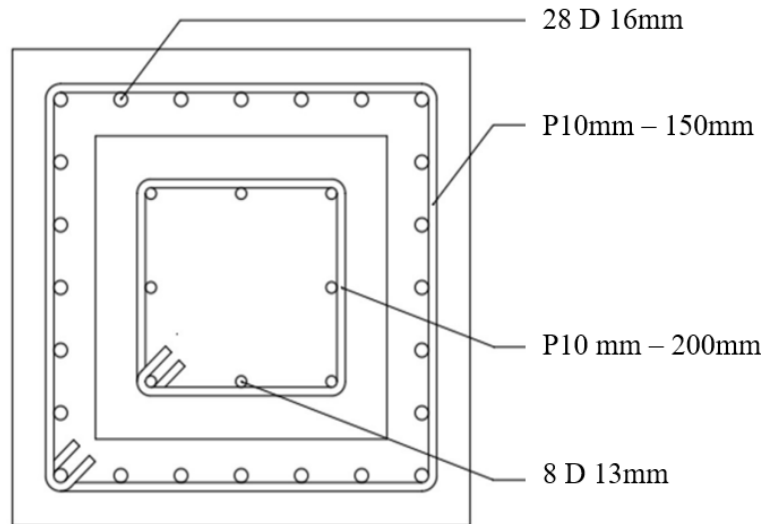
Dalam rasio kapasitas struktur, terdapat sebanyak 17 kolom yang tidak memenuhi kriteria perbandingan antara stress yang terjadi dengan *capacity* yang tersedia, (*overstress*) dengan notasi berwarna merah tersebar dari lantai dasar sampai dengan lantai 2. Berdasarkan hasil pengujian *rebar scanner* pada SAP2000, diperoleh bahwa tulangan utama penampang kolom pada lantai dasar sampai dengan lantai 4 bangunan Rusunawa Cingised memiliki konfigurasi 8D 13 mm. Dengan demikian, diperoleh hasil jumlah tulangan utama dan jumlah tulangan geser yang terpasang di lapangan tidak memenuhi kebutuhan tulangan minimum yang dibutuhkan penampang kolom pada lantai dasar sampai dengan lantai 4.

### Rekomendasi Perkuatan Struktur

Berdasarkan hasil analisis dari SAP2000 v22, diperoleh penampang kolom yang mengalami kondisi *overstress* (OS) adalah penampang kolom pada lantai dasar dan lantai 1 terjadi karena tulangan geser yang terpasang tidak memenuhi kebutuhan tulangan minimum sehingga besarnya gaya geser yang terjadi melampaui kapasitas yang tersedia (Rizqi, M, 2019).

Untuk metode perkuatan dengan *concrete jacketing*, berdasarkan hasil analisis menggunakan program SAP2000 mengacu pada SNI terbaru, terdapat 23 kolom yang perlu diperkuat *jacketing*. Dibutuhkan kolom dengan dimensi 500 mm x 500 mm untuk dapat memikul beban yang bekerja (kolom tidak mengalami kondisi *overstress*/ OS). Sehingga beton yang telah ter-*chipping* dengan dimensi penampang 300 mm x 300 mm diberikan *jacketing* beton bertulang. Beton kolom ditambahkan tulangan utama 28 D 16 mm dan beton dengan ketebalan 100 mm pada setiap sisi. Sehingga diperoleh luasan tulangan yang terinstal dilapangan dengan tulangan ekstra dari *concrete jacketing* sebesar 5.579 mm<sup>2</sup> dan tulangan geser

yang dipasang pada kolom adalah  $\phi 10$ -150 mm dengan mutu beton  $f_c'$  21,8 Mpa yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Perkuatan Eksisting Menggunakan *Concrete Jacketing*

Pada perkuatan secara eksternal menggunakan *fiber reinforced polymer* (FRP), perkuatan dengan menggunakan serat karbon ketebalan 1,2 mm sebanyak 5 lapis yang dipasangkan pada kedua sisi daerah tumpuan kolom (*two sides*). Penampang kolom yang dilakukan perkuatan aksial dan lentur utamanya kolom lantai dasar sampai dengan kolom lantai 1. *Fiber* karbon yang digunakan adalah produk ESTOWRAP 200 dengan data teknis material sebagai berikut.

Kekuatan tarik ultimate = 4900 MPa  
Regangan pecah = 0,0167  
Modulus elastis FRP = 230000 MPa  
Tebal FRP = 0,111 mm

Berdasarkan ACI 440-2R-17, untuk elemen-elemen struktur dengan posisi eksterior maka faktor reduksi lingkungan adalah 0,85 serta penggunaan jumlah lapisan FRP sebanyak 5 lapis dengan radius penghalusan sudut 35 mm.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis struktur kolom bangunan Rusunawa Cingised Twin Blok 1 Kota dapat disimpulkan bahwa kekuatan struktur eksisting Rusunawa Cingised Twin Blok 1 setelah dianalisis dengan pemodelan SAP2000 v.22 mengacu pada SNI terkait yang terbaru, menunjukkan sebanyak 17 buah kolom pada lantai dasar dan lantai satu tidak memenuhi kapasitas kekuatan karena mengalami *overstress* (OS). Penggunaan perkuatan dengan metode *concrete jacketing*, menunjukkan jumlah kolom pada bangunan eksisting yang harus diperkuat dengan *jacketing* adalah sebanyak 23 buah terdapat pada lantai dasar, lantai 1, dan lantai 2. Pada perkuatan secara eksternal menggunakan *fiber reinforced polymer* (FRP), perkuatan dengan menggunakan serat karbon ketebalan 1,2 mm sebanyak 5 lapis yang dipasangkan pada kedua sisi daerah tumpuan kolom (*two sides*). Penampang kolom yang dilakukan perkuatan aksial dan lentur utamanya kolom lantai dasar sampai dengan kolom lantai 1.

## REKOMENDASI

Rekomendasi yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari perkuatan struktur Rusunawa Cingised Twin Blok 1, perkuatan *concrete jacketing* pada penampang kolom masih dapat dilakukan pada beberapa kolom lantai dasar sampai dengan kolom lantai dua saja jika mempertimbangkan

faktor biaya. Namun, akan lebih baik perkuatan kolom menggunakan metode *concrete jacketing* dilakukan secara *continuous* sampai pada kolom lantai 2 atau kolom lantai 3. Sedangkan biaya untuk pemasangan CFRP kolom seluruh lantai lebih cepat pemasangannya apabila dibandingkan dengan metode *concrete jacketing* pengerjaan 2 lantai.

## REFERENSI

- ACI Committee 440. (2015). *Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with fiber-reinforced polymer FRP bars*. American Concrete Institute.
- Agustinus, S., & Lesmana, C. (2019). Perbandingan Analisis Perkuatan Struktur Pelat dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 1–25. <https://doi.org/10.28932/jts.v15i1.1852>
- Akbar Kalam Ramzy. (2019). 1Pengaruh Carbon Fiber Reinforced Polymer(CFRP) Pada Kolom Pendek Terkekang Penampang Bulat. *Jurnal Rekats Vol. 7 No. 4, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847: 2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional: ICS 91.080.40.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727: 2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional: ICS 93.020.
- Mansur, Moh. S. (2018). Perkuatan Struktur Akibat Penambahan Lantai Menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* dengan Studi Kasus Gedung SMP 5 Muhammadiyah Surabaya. [Fakultas Vokasi]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mugahed Amran, Y. H., Alyousef, R., Rashid, R. S. M., Alabduljabbar, H., & Hung, C. C. (2018). *Properties and Applications of FRP in Strengthening RC Structures: A Review*. Dalam *Structures* (Vol. 16, hlm. 208–238). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.09.008>
- Musheny, G. F. A. (2020). Analisis Perbandingan Biaya dan Metode Pekerjaan Perkuatan Struktur Balok Beton Menggunakan Metode Concrete Jacketing dan Serat Karbon. Universitas Mercu Buana.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2005 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung (2005).
- Pranata, D.R., Witjaksana, B., Tjendani, H.T. (2022). Analisis Perkuatan Struktur Beton dengan Menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (Cfrp), dan Glass Fiber Reinforced Polymer (Gfrp) Terhadap Biaya. *Prosiding Senakama*, Vol. 1. pp: 35-45
- Purmawinata, A., & Leo, E. (2020). Analisis Penggunaan *Carbon Fiber Reinforced Plate* pada Kapasitas Lentur Beton Bertulang dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(2), 389 – 397.
- Rizqi, M. (2019). Analisis Perbaikan dan Perkuatan Bangunan Akibat Penambahan Lantai dengan Metode *Concrete Jacketing*. Universitas Indonesia.
- Sabariman, Bambang; Soehardjono, Agoes; Wisnumurti; Wibowo, Ari; Tavio. (2018). *Stress-Strain Behavior of Steel Fiber-Reinforced Concrete Cylinders Spirally Confined with Steel bar*. *Hindawi Advances in Civil Engineering Volume 2018, Article ID 6940532, 8 page*
- Saruni, C. V., & Manalip, S. O. D. H. (2017). Evaluasi dan Analisis Perkuatan Bangunan yang Bertambah Jumlah Tingkatnya. *Jurnal Sipil Statik*, 5 No. 9.



Wiguna, I Made Ardi; Wijaya, I Gusti Nyoman Putra dan Ardantha, I Made. (2019). “Perencanaan Perkuatan Struktur Gedung SDN 4 Ngawi Akibat Penambahan Lantai dengan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*),” *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, vol. 8, no. Juni, hlm. 82–93.