

Analisis Perkuatan Geser Balok Beton Bertulang Menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer*

TIARA RISKI ELIAWAN¹, EUNEKE WIDYANINGSIH², DST

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email : tiararsk25@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dimensi optimal elemen struktur dan kebutuhan penulangan balok Gedung X dengan validasi menggunakan analisis struktural ETABS, menganalisis pengaruh penghilangan kolom terhadap kapasitas balok, serta mengevaluasi efektivitas penggunaan CFRP dalam meningkatkan kapasitas beban balok pasca kehilangan kolom. Parameter yang dianalisis meliputi rasio kapasitas, kapasitas momen (M_n), dan gaya geser (V_n). Hasil menunjukkan bahwa elemen struktur balok mengalami kegagalan geser sehingga diperlukan perkuatan menggunakan CFRP. Balok yang diperkuat dengan CFRP terbukti menghasilkan peningkatan pada nilai tegangan geser sebesar 23,264% pada balok bentang 5,75 m.

Kata kunci: Beton Bertulang, Perkuatan geser, CFRP

1. PENDAHULUAN

Perencanaan dan desain struktur yang komprehensif menjadi faktor krusial dalam pembangunan gedung guna menjamin aspek keselamatan dan keandalan struktural. Studi kasus pada Gedung X berlantai empat mengungkap tantangan kompleks pasca penghilangan beberapa kolom di lantai dasar akibat kebutuhan optimalisasi ruang kelas. Proses renovasi pada bangunan gedung sering kali melibatkan perubahan signifikan dalam desain struktural. Salah satu perubahan yang umum dilakukan adalah penghilangan beberapa kolom, yang dapat berdampak besar terhadap distribusi beban dan stabilitas keseluruhan gedung (Badan Standarisasi Nasional, 2013).

Kolom berperan penting dalam menyalurkan beban vertikal ke pondasi. Penghilangannya dapat meningkatkan beban geser pada balok eksisting, yang berisiko menyebabkan kerusakan dan penurunan kapasitas geser. Balok yang tidak lagi memiliki kolom penyangga harus menahan beban yang lebih besar, membuatnya rentan terhadap keretakan miring dan kegagalan geser.

Untuk mengatasi masalah ini, digunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) sebagai perkuatan eksternal. CFRP adalah material komposit ringan dan tahan korosi yang dikenal memiliki kekuatan tarik tinggi. Penerapan CFRP sangat efektif untuk meningkatkan kapasitas geser balok beton bertulang tanpa memerlukan perubahan struktural yang rumit. Solusi ini telah terbukti andal dalam memperkuat struktur yang mengalami penurunan kinerja akibat beban berlebih atau kerusakan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan memodelkan struktur gedung sekolah empat lantai yang berlokasi di Kota Bandung. Proses pemodelan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan dua variasi, yaitu struktur dengan dimensi hasil perhitungan *preliminary design* serta struktur gedung setelah dilakukan pengurangan jumlah kolom. Sebelum penghilangan kolom, bentang balok terukur sepanjang 3,75 meter. Setelah dilakukannya penghilangan kolom, bentang balok bertambah menjadi 5,75 meter. Asumsi mutu beton adalah f'_c 28 Mpa. Pembebanan dead, superimposed dead, live, dan gempa mengikuti SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019.

2.1 Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahap awal dalam perencanaan struktur bangunan gedung yang bertujuan untuk memperoleh estimasi dimensi awal elemen-elemen struktural seperti balok, kolom, dan pelat agar struktur dapat menahan beban secara efektif dan aman. Pada tahap ini, dimensi elemen struktur ditentukan berdasarkan pedoman dan standar yang berlaku, seperti SNI 2847:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, serta SNI 1726:2019 tentang Ketahanan Gempa.

2.2 Analisis Kapasitas Elemen Struktur Balok

Analisis kapasitas elemen struktur adalah proses evaluasi kemampuan elemen-elemen struktur balok untuk menahan beban yang bekerja, termasuk beban gempa, beban mati, dan beban hidup, sehingga struktur tetap aman dan stabil.

2.3 Perkuatan Struktur

Perkuatan struktur biasanya dilakukan sebagai upaya pencegahan sebelum struktur mengalami kerusakan/kehancuran. Perkuatan atau perbaikan struktur diperlukan apabila terjadi kerusakan yang menyebabkan degradasi yang berakibat tidak terpenuhi lagi persyaratan-persyaratan yang bersifat teknik yaitu kekuatan, kekakuan dan daktilitas, kestabilan, serta ketahanan terhadap kinerja tertentu.

3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis pemodelan struktur, dapat disimpulkan bahwa dimensi balok, kolom, dan pelat yang digunakan dalam pemodelan ini berasal dari perhitungan preliminary, terbukti memadai dan aman. Struktur gedung empat lantai berada dalam kondisi aman dan memenuhi seluruh persyaratan desain yang berlaku. Hal ini ditunjukkan oleh hasil rekapitulasi rasio momen dan rasio geser yang keduanya menunjukkan nilai kurang dari 1. Berikut dilampirkan rekapitulasi nilai rasio pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Nilai Rasio Momen

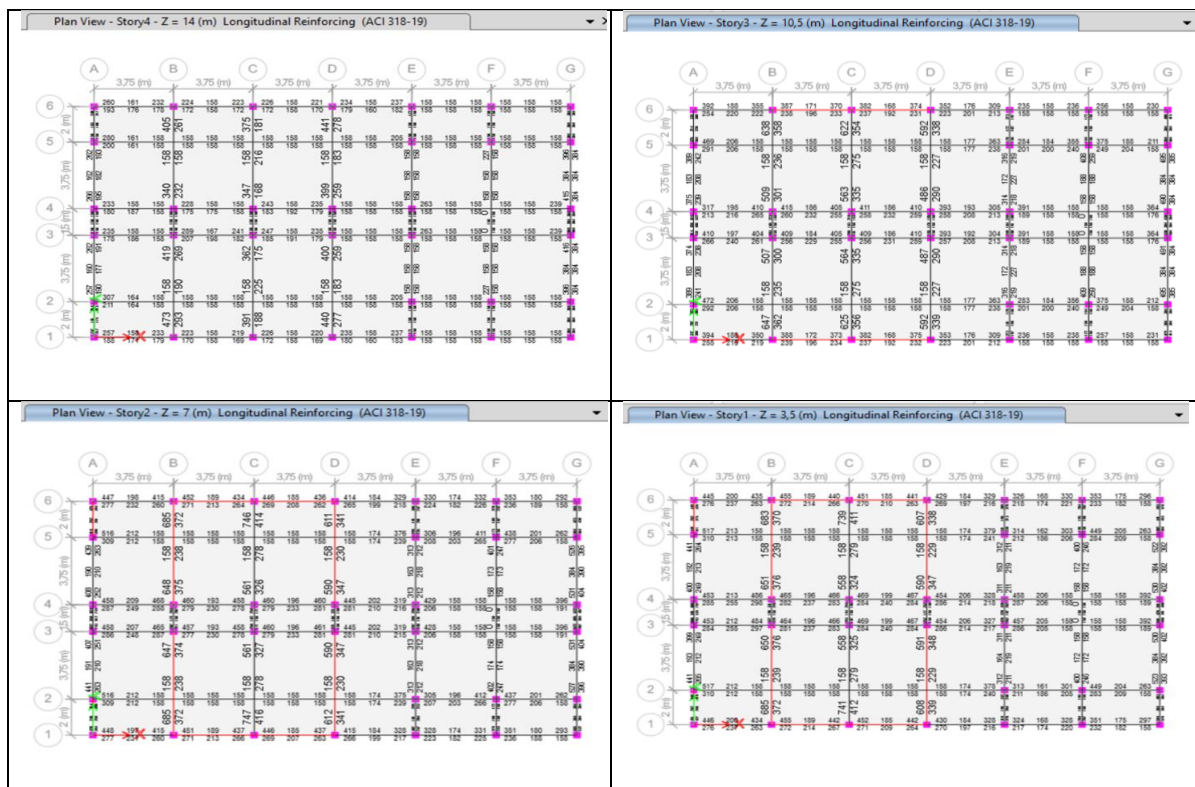
No	Daerah	M_u (kNm)	ϕM_n (kNm)	Rasio	Keterangan
1	Tumpuan	31,526	75,217	0,419	OK
2	Lapangan	24,689	50,335	0,490	OK

Tabel 2. Nilai Rasio Geser

No	Daerah	V_u (kN)	ϕV_n (kN)	Rasio	Keterangan
1	Tumpuan	42,226	104,126	0,406	OK
2	Lapangan	38,406	104,126	0,369	OK

3.1 Analisis Pemodelan Struktur Gedung setelah Penghilangan Kolom

Dari hasil analisis ETABS dan perhitungan manual, ditemukan adanya perubahan signifikan pada jalur pembebanan (*load path*) dan distribusi gaya dalam pada elemen-elemen struktur di sekitar area kolom yang dihilangkan. Secara spesifik, analisis menunjukkan terjadinya kegagalan geser pada beberapa balok di sekitar area kolom yang dihilangkan, dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Tabel 3**.



Gambar 1. Hasil Pemodelan Struktur setelah Penghilangan Kolom

Tabel 3. Nilai Rasio Geser

No	Daerah	V_u (kN)	ϕV_n (kN)	Rasio	Keterangan
1	Tumpuan	70,052	61,406	1,141	NOT OK
2	Lapangan	54,676	94,06	0,581	OK

3.2 Analisis Perkuatan Geser Elemen Struktur Balok

Dari hasil perhitungan dan analisis struktur terdapat elemen balok yang mengalami kekurangan kapasitas geser. Maka dari itu, diperlukan upaya perkuatan pada elemen balok tersebut. Metode perkuatan yang digunakan adalah CFRP yang dapat meningkatkan kapasitas geser. Berikut ini merupakan rekap dari hasil peningkatan sebelum dan sesudah FRP dengan nilai geser pada perhitungan manual, dapat dilihat pada **Tabel 4**. Untuk metode pemasangan CFRP pada perkuatan geser balok yang dipilih adalah metode *U-wrap*, karena metode U-Wrap ini dapat meniru kerja sengkang atau tulangan geser.

Tabel 4. Nilai Perbandingan Manual

Perkuatan Geser pada Balok						
No	Bentang (m)	CFRP <i>Wrap</i> (lembar)	V_u (kN)	ϕV_n (kN)		Rasio Peningkatan
				Eksisting	Perkuatan	
1	2	3	110,251	94,06	121,344	29,007%
2	3,75	5	70,052	61,406	87,064	42,620%
3	5,75	5	81,401	72,568	100,338	23,264%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pemodelan struktur, dapat disimpulkan bahwa dimensi balok, kolom, dan pelat yang digunakan dalam pemodelan ini berasal dari perhitungan preliminary, terbukti memadai dan aman. Struktur gedung empat lantai berada dalam kondisi aman dan memenuhi seluruh persyaratan desain yang berlaku. Hal ini ditunjukkan oleh hasil rekapitulasi rasio momen dan rasio geser yang keduanya menunjukkan nilai kurang dari 1. Pengaplikasian CFRP dengan menggunakan analisis perhitungan manual pada struktur balok terbukti menghasilkan peningkatan pada nilai tegangan geser. Misalnya, nilai tegangan geser balok bentang 5,75m sebelum diaplikasikan CFRP senilai 72,568 kN dan sesudah diaplikasikan sebesar 100,338 kN, pada tegangan geser meningkat sebesar 23,264%.

DAFTAR RUJUKAN

- Moh. Safi'i MANSUR. (2018). Perkuatan Struktur Akibat Penambahan Lantai Menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) dengan Studi Kasus Gedung Smp 5 Muhamadiyah Surabaya. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nurhaliza. (2021). Analisis Kekuatan Struktur Balok dan Pelat Lantai Akibat Rencana Alih Fungsi Gedung Rektorat Menjadi Gedung Perpustakaan Universitas Jambi. Jambi : Universitas Jambi.
- Sumargo, Ujang Ruslan, dan Mirza Ghulam. (2014). Kapasitas Penggunaan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Berlapis Banyak Terhadap Perkuatan Lentur Struktur Balok Beton Bertulang. Bandung : Jurnal Teknik Sipil.
- Rizky Bayu Saputra, Antonius, dan Muhamad Rusli Ahyar. (2023). Sistem Perkuatan Struktur menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Pada Gedung 4 Lantai. Semarang : Jurnal Teknik Sipil.
- American Concrete Institute. (2015). ACI 440.1R-15: Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with fiber-reinforced polymer (FRP) bars. American Concrete Institute.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). SNI 1726:2019 - Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). SNI 2847:2019 - Spesifikasi beton struktural. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2020). SNI 1727:2020 - Beban untuk perencanaan struktur bangunan. Badan Standardisasi Nasional.