

ANALISIS PERKUATAN STRUKTUR BALOK MENGGUNAKAN CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP) PADA BANGUNAN VILLA PT. BANGUN KARYA FILADELFIA DI KOTA DENPASAR – BALI

Udien Yulianto

*Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
udien@itbu.ac.id*

Abstrak

Struktur Bangunan Villa yang berlokasi di Bali direncanakan akan melakukan analisis ulang terhadap struktur balok, karena terjadi kerusakan di beberapa titik akibat dari usia bangunan itu sendiri yang sudah lama terbengkalai lalu ingin difungsikan kembali. Analisis dan evaluasi struktur yang Fail atau rasio yang melebihi ketentuan akan diperkuat dengan metode CFRP.

Pada tahap awal Analisis struktur direncanakan terhadap beban gempa sesuai dengan SNI – 1726 – 2019. (Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan Gedung yang didasarkan pada peta gempa 2020 di Bali, dan jika struktur gagal menahan beban yang telah di tentukan dari SNI 2847 – 2019 (Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan Gedung) maka struktur perlu untuk dilakukan perkuatan menggunakan CFRP pada penampang balok saja. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui berapa banyak penampang yang perlu di perkuat dan seberapa banyak CFRP yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pada struktur yang tidak aman, yang hasilnya sudah diperoleh dari Program ETABS Ultimate V.21.0.0.

Perkuatan struktur dengan menggunakan serat karbon merupakan suatu metode yang efektif untuk memperbaiki struktur yang mengalami penurunan kapasitas. Material CRFP mempunyai kekuatan Tarik hingga 4900 Mpa dengan bentuk pelat maupun lembaran sehingga apabila digunakan secara komposit pada struktur beton dapat berperan secara efektif dalam meningkatkan kekuatan Tarik dari elemen struktur.

Kata Kunci: analisis, evaluasi, CFRP, ETABS, perkuatan, balok

1. PENDAHULUAN

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pada umumnya struktur yang rusak akan langsung dibongkar tanpa mempertimbangkan adanya kemungkinan perbaikan atau perkuatan. Padahal pada tingkatan kerusakan tertentu, pada prinsipnya suatu elemen struktur Beton bertulang dapat diperkuat atau diperbaiki, Saat ini telah berkembang berbagai metode perbaikan atau retrofit dan perkuatan struktur, Salah satu metode perbaikan yang cepat dan tepat adalah perbaikan struktur dengan FRP (Fiber Reinforced Polymer). Perkembangan ilmu material saat ini telah memberikan jawaban atas masalah perbaikan dan perkuatan struktur yang telah mengalami kerusakan dengan memanfaatkan material FRP. Penelitian terhadap FRP ini terus di kembangkan untuk melihat pengaruh material dalam perbaikan dan perkuatan struktur beton bertulang sehingga perkutan menggunakan pelat baja

yang relatif berat dapat digantikan oleh material FRP yang relatif ringan. Prinsip dari

pada penambahan FRP ini sama seperti penambahan pelat baja, yaitu menambahkan kekuatan di bagian tarik dari struktur. Adapun tipe FRP yang dipakai pada perkuatan struktur dari bahan carbon, armid dan glass.

Keberadaan Bangunan Villa PT. Bangun Karya Filadelfia yang berada tepat di pusat kota Denpasar – Bali ini mengalami kerusakan pada struktur. Ada beberapa titik struktur yang mengalami kerusakan karena dampak dari usia bangunan itu sendiri yang sudah lama terbengkalai lalu ingin difungsikan kembali, sehingga dilakukan peninjauan dan investigasi bangunan.

Berdasarkan uraian diatas maka sebelum dilakukan penggunaan atau mengfungsikan kembali bangunan Villa PT. Bangun Karya Filadelfia maka perlu dilakukan Analisis Perkuatan struktur menggunakan CFRP

pada struktur balok. Bangunan gedung yang berlokasi di Bali ini direncanakan akan melakukan Analisis ulang terhadap struktur balok menggunakan aplikasi ETABS Ultimate V.21.0.0. Melihat kondisi tersebut perlu dilakukan penelitian tentang Evaluasi Pelaksanaan K3 Pada Proyek Konstruksi Puri Indah Mall 2 agar kedepannya bisa mengurangi kecelakaan kerja akibat kelalaian, menghindari kerugian materi akibat kecelakaan kerja dan memberikan perlindungan bagi para pekerja disetiap tingkatan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Pada penelitian ini digunakan jenis penelitian Evaluasi Kuantitatif yaitu jenis penelitian dengan melakukan kajian terhadap kondisi bangunan yang sudah dibangun atau bangunan eksisting.

Variabel dalam penelitian ini adalah Perkuatan balok eksisting menggunakan metode Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP). Dengan menggunakan evaluasi analisis struktur eksisting dan perhitungan perkuatan CFRP.

Langkah selanjutnya adalah mengetahui jenis penelitian dan variabel nya, maka metodologi penelitian kasual – komperatif, pemilihan ini berdasar dari kecocokan karena dianggap mampu menyelesaikan rumusan masalah dan penelitian yang dibahas.

2.2. Metode Analisis Data

a. Analisa Kekuatan Struktur Balok Eksisting

Dalam tugas akhir ini, perancangan hanya meliputi struktur Balok dengan Analisa struktur dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yaitu komponen struktur yang mampu memikul gaya akibat beban gempa dan direncanakan untuk memikul lentur.

1. Analisa dilakukan melalui referensi beberapa jurnal dan ketentuan (SNI), diantaranya:

- a) Badan Standarisasi Nasional, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk

struktur bangunan gedung dan nongedung (SNI 1726:2019) (12)

- b) Badan Standarisasi Nasional, persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM – 14, MOD) (SNI 2847 : 2019) (14)

- c) Badan Standarisasi Nasional, beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2019). (13)

2. Mempersiapkan data analisis dan desain berupa:

- a) Gambar denah (struktur dan detail)
- b) Spesifikasi material struktur Gedung

Data analisis tersebut berupa gambar denah dan spesifikasi material diperoleh dari pengambilan data di lapangan pada Bangunan Villa PT. Bangun Karya Filadelfia di Kota Denpasar.

3. Menentukan sistem struktur gedung yang akan digunakan untuk menahan beban atau gaya gempa.

- a) Sistem Rangka pemikul momen pemikul momen ditentukan berdasarkan ketentuan yang ada di SNI 1726:2019.

- b) Lokasi pembebanan gempa di Kota Denpasar, Bali.

4. Menghitung jumlah beban yang dikenakan pada struktur, yaitu:

- a) Beban Mati (Dead Load)
 - 1) Beban mati akibat berat sendiri
Beban mati akibat berat sendiri merupakan beban yang diakibatkan berat struktur itu sendiri dari penutup atap, pelat lantai, balok, kolom, tangga dan

shear wall. Dengan berat jenis beton bertulang sendiri adalah 2400 kg/m³.

2) Beban mati tambahan (SIDL)

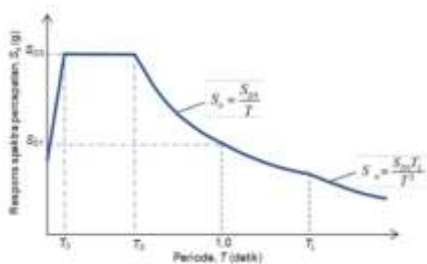
Beban mati tambahan merupakan beban yang diakibatkan oleh partitur penyusun gedung itu sendiri meliputi dinding, keramik dan MEP.

b) Beban Hidup (Live Load)

Beban Hidup yang dihitung merupakan beban manusia dan beban yang bergerak yang ada di dalam struktur gedung. Beban tersebut akan ditentukan sesuai dengan masing – masing fungsi ruangan setiap lantai.

c) Beban Gempa (Earthquake Load)

Beban Gempa adalah beban yang terjadi akibat getaran tanah yang disebabkan oleh satu gelombang yang terjadi. Sedang arah kerjanya adalah vertical maupun horizontal.



Gambar 2.1 Spektrum Respon Desain
Sumber : sa.ciptakarya.pu.go.id/2021

5. Membuat pemodelan struktur balok
 - a) Pemodelan struktur balok menggunakan software ETABS Ultimate V.21.0.0.
6. Memasukkan kombinasi pembebanan struktur pada ETABS Ultimate V.21.0.0.
7. Melakukan analisis struktur pada kedua desain gedung menggunakan program software ETABS Ultimate V.21.0.0.

- a) Analisis dilakukan dengan menggunakan aplikasi ETABS Ultimate V.21.0.0.. Dengan hasil analisis berupa besar momen.

- b) Data analisis tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta summary.

b. Rencana Perkuatan Struktur Balok

Setelah dilakukan analisis kekuatan elemen struktur eksisting balok, maka didapatkan elemen – elemen struktur eksisting balok yang masih kuat, dan elemen struktur balok yang membutuhkan perkuatan. Pada elemen yang masih kuat tidak perlu dilakukan perkuatan. Tetapi pada elemen struktur balok yang tidak kuat dilakukan perhitungan perkuatan struktur balok dengan menggunakan CFRP.

Produk CFRP yang digunakan yakni berasal dari merek Fischer by Mr. Safety dengan jenis produk Fischer Carbon Fiber Sheet FRS-CS N-300. Dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a) Tensile strength : 3400 Mpa
- b) Modulus Of Elasticity : 235000 Mpa
- c) Elongation at Break : 1,7 %
- d) Fiber weight : 300 g/m² ±10 g/m²
- e) Design Thickness : 0,167 mm
- f) Fiber Dimension
 - 1) Width : 500 mm
 - 2) Length : 100 m
 - 3) Quantity per Roll : 50 sqm

2.3. Metode Pembahasan Hasil Analisis

Kapasitas penampang elemen struktur eksisting balok yang telah dihitung tersebut, kemudian dibandingkan dengan gaya-gaya dalam maksimum dari hasil analisa struktur. Apabila kapasitas penampang terpasang lebih besar dari gaya dalam yang terjadi maka dapat dikatakan elemen struktur balok masih kuat atau “OK”. Tetapi apabila kapasitas penampang terpasang lebih kecil dari gaya dalam yang terjadi, maka elemen struktur

balok tersebut tidak kuat atau “NG” dan membutuhkan perkuatan.

3. PEMBAHASAN

3.1. Analisis Struktur

3.1.1. Analisis Perhitungan Kekuatan Balok Eksisting

a. Permodelan Struktur Eksisting

Gambar 3.1 Gambar Perspektif



Pemodelan struktur menggunakan ETABS

Sumber : Olahan Penelitian

b. Pembebanan Struktur Balok Eksisting

1) Beban DL (*Dead Load*)



Gambar 3.2 Perspektif Pemodelan Pembebanan DL (*Dead Load*)

Sumber : Olahan Penelitian

2) Beban LL (*Live Load*)



Gambar 3.3 Gambar Perspektif Pemodelan Pembebanan LL (*Live Load*)

Sumber: Olahan Penelitian

3) Beban WLX (*Wind Load*)



Gambar 3.4 Gambar Perspektif Pemodelan

Pembebanan WLX (*Wind Load*) kearah X

Sumber: Olahan Penelitian

4) Beban WLY (*Wind Load*)



Gambar 3.5 Gambar Perspektif Pemodelan Pembebanan WLD (*Wind Load*) kearah Y

Sumber: Olahan Penelitian

5) Beban EX (*Earthquake Load*)



Gambar 3.6 Gambar Perspektif Pemodelan Pembebanan EX (*Earthquake Load*)

kearah X

Sumber: Olahan Penelitian

6) Beban EY (*Earthquake Load*)



Gambar 3.7 Gambar Perspektif Pemodelan Pembebanan EY (*Earthquake Load*)

kearah Y

Sumber: Olahan Penelitian

7) Cek Mode Pergerakan Struktur



Gambar 3.8 Gambar Input Pembebanan seismic EX
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.9 Gambar Input Pembebanan seismic EY
Sumber: Olahan Penelitian

c. Perhitungan Struktur Balok Eksisting
Tabel 3.1 Hasil Analisa Gaya Dalam Balok

Story	Beam	Support	Member End	Support Case	Load Type	Member P	Member V	Member M	Member T	Member S	Member R
Story 1	B1	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000	0.000
Story 2	B2	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000	0.000
Story 3	B3	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000	0.000
Story 4	B4	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000	0.000
Story 5	B5	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000	0.000
Story 6	B6	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000	0.000

Sumber : Olahan Penelitian

Tabel 3.2 Gaya Dalam Terbesar Balok B23

Story	Beam	Support	Member End	Support Case	Member P	Member V	Member M	Member T	Member S	Member R
Story 1	B23	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000
Story 2	B23	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000
Story 3	B23	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000
Story 4	B23	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000
Story 5	B23	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000
Story 6	B23	80	CONCRETE-4	Combination	1	5.75	1.797	11.000	0.000	0.000

Sumber : Olahan Penelitian

Penelitian dibatasi dengan hanya menganalisis balok dengan gaya dalam moment positif terbesar yaitu balok B23 dengan ukuran Balok 550 / 200



Gambar 4.10 Denah Balok Lantai 2
Sumber : Olahan Penelitian

1. Perhitungan Balok 550 / 200
Analisis Balok 550 / 200 dilakukan berdasarkan (SNI 2847-2019 Pasal 10.5.1) dengan hasil sebagai berikut:

a) Data Balok

1) Beban Struktur

Kuat tekan beton, $f_c' = 28.425 \text{ MPa}$

Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur, $f_u = 420 \text{ MPa}$

Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser $f_y = 280 \text{ MPa}$

2) Dimensi Balok

Lebar Balok $b = 200 \text{ mm}$

Tinggi balok $h = 550 \text{ mm}$

Diameter tulangan (deform) yang digunakan $D = 16 \text{ mm}$

Diameter sengkang (polos) yang digunakan, $P = 10 \text{ mm}$

Tebal bersih selimut beton, $t_s = 40 \text{ mm}$

3) Momen dan Gaya

Dalam Momen positif akibat beban terfaktor,

$M_u+ = 53.197 \text{ kNm}$

Momen negatif akibat beban terfaktor,

$M_u- = 83.117 \text{ kNm}$

Gaya geser akibat beban terfaktor,

$V_{u+} = 56.235 \text{ kN}$

Gaya geser akibat beban terfaktor,

$V_{u-} = 53.956 \text{ kN}$

b) Perhitungan Tulangan

Untuk: $f_c' \leq 28 \text{ MPa}$, $\beta_1 = 0.85$

Untuk: $f_c' > 28 \text{ MPa}$, $\beta_1 = 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 = 0.857$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $\rightarrow \beta_1 = 0.857$

Rasio tulangan pada kondisi balance, $\rho_b = \beta_1 * 0.85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0.0296$
Faktor tahanan momen maksimum, $R_{max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')]$
= 7.5696

Faktor reduksi kekuatan lentur, $\phi = 0.8$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, $d_s = t_s + \phi + D/2 = 58.00 \text{ mm}$

Jumlah tulangan dalam satu baris, $n_s = (b - 2 * d_s) / (25 + D) = 2.05$

Digunakan jumlah tulangan dalam satu baris, $n_s = 2$ bh (2 D16)

Jarak horisontal pusat ke pusat antara tulangan, $x = (b - n_s * D - 2 * d_s) / (n_s - 1) = 52 \text{ mm}$

Jarak vertikal pusat ke pusat antara tulangan, $y = x = 52 \text{ mm}$

c) Tulangan Momen Positif

Momen positif nominal rencana,

$M_n = M_u + \phi = 66.497 \text{ kNm}$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton $d' = 58 \text{ mm}$

Tinggi efektif balok,

$d = h - d' = 492 \text{ mm}$

Faktor tahanan momen,

$R_n = M_n * 106 / (b * d^2) = 1.3735$

$R_n < R_{max} \rightarrow (\text{OK})$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')}] = 0.00337$

Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = \sqrt{f_c'} / (4 * f_y) = 0.00321$

Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0.00333$

Rasio tulangan yang digunakan, $\rho = 0.00337$

Luas tulangan yang diperlukan,

$A_s = \rho * b * d = 331 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan yang diperlukan, $n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1.648$

Digunakan tulangan, 2 D 16

Baris ke	Jumlah n_i	Jarak y_i	Juml. Jarak $n_i * y_i$
1	2	58.00	116.00
2	0	0	0
3	0	0.00	0.00
Σ	2	$\Sigma [n_i * y_i] =$	116.00

Sumber: Hasil Analisis

Tinggi efektif balok, $d = h - d' = 492.00 \text{ mm}$

$a = A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b) = 34.199 \text{ mm}$

Momen nominal, $M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 80.207 \text{ kNm}$

Tahanan momen balok, $\phi * M_n = 64.166 \text{ kNm}$

Syarat: $\phi * M_n \geq M_u +$

$64.166 > 53.197$

AMAN $\rightarrow (\text{OK})$

d) Tulangan Momen Negatif

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton

$d' = 58 \text{ mm}$

Tinggi efektif balok, $d = h - d' = 492 \text{ mm}$

Faktor tahanan momen $R_n = M_n * 106 / (b * d^2) = 2.1460$

$R_n < R_{max} \rightarrow (\text{OK})$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')}] = 0.00535$
Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = \sqrt{f_c'} / (4 * f_y) = 0.00321$

Rasio tulangan minimum, $\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0.00333$

Rasio tulangan yang digunakan, $\rho = 0.00535$

Luas tulangan yang diperlukan, $A_s = \rho * b * d = 527 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan yang diperlukan, $n = A_s / (\pi / 4 * D^2)$
 $n = 2.620$
 Digunakan tulangan, 2 D 16
 Luas tulangan terpakai,
 $A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 402 \text{ mm}^2$

Batas	Jumlah	Jarak	Juml. Jarak
kg	kg	m	kg * m
1	2	58.00	116.00
2	0	0	0
3	0	0.00	0.00
J =	2	58.00	116.00

Sumber: Hasil Analisis

Tinggi efektif balok,
 $d = h - d' = 492.0 \text{ mm}$
 $a = A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$
 $a = 34.199 \text{ mm}$
 Momen nominal,
 $M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 80.207 \text{ kNm}$
 Tahanan momen balok, $\phi * M_n = 64.166 \text{ kNm}$
 Syarat: $\phi * M_n \leq \mu_u$
 $64.166 < 83.117 \rightarrow$ **BAHAYA (NG)**

- e) Tulangan Geser Positif
 Gaya geser ultimit rencana,
 $V_{u+} = 56.235 \text{ kN}$
 Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0.75$
 Tegangan leleh tulangan geser, $f_y = 280 \text{ MPa}$
 Kuat geser beton, $V_c = (\sqrt{f_c'}) / 6 * b * d * 10^{-3}$
 $V_c = 88.393 \text{ kN}$
 Tahanan geser beton, $\phi * V_c = 66.295 \text{ kN}$
 $\rightarrow$ Hanya perlu tul. Geser min
 Kuat geser sengkang, $V_s = 56.235 \text{ kN}$
 Digunakan sengkang berpenampang: 2 P 10
 Luas tulangan geser sengkang, $A_v = n_s * \pi / 4 * P^2 = 157.08 \text{ mm}^2$
 Jarak Sengkang yang diperlukan: $s = A_v * f_y * d / (V_s * 103) = 384.80 \text{ mm}$
 Jarak sengkang maksimum, $s_{max} = d / 2 = 246.00 \text{ mm}$
 Jarak sengkang ketentuan, $s_{max} = 150.00 \text{ mm}$

Jarak sengkang minimum,
 $s = 3 * A_v * f_y / (b) = 695.73 \text{ mm}$

Jarak sengkang yang harus digunakan, $s = 150 \text{ mm}$
 Diambil jarak sengkang:
 $\rightarrow s = 150 \text{ mm}$
 Digunakan sengkang, 2 P 10 150

- f) Tulangan Geser Negatif
 Gaya geser ultimit rencana,
 $V_{u-} = 53.956 \text{ kN}$
 Faktor reduksi kekuatan geser, $\phi = 0.75$
 Tegangan leleh tulangan geser, $f_y = 280 \text{ MPa}$
 Kuat geser beton, $V_c = (\sqrt{f_c'}) / 6 * b * d * 10^{-3} = 88.393 \text{ kN}$
 Tahanan geser beton, $\phi * V_c = 66.295 \text{ kN}$
 $\rightarrow$ Hanya perlu tul. Geser min
 Kuat geser sengkang, $V_s = 53.956 \text{ kN}$
 Digunakan sengkang berpenampang: 2 P 10
 Luas tulangan geser sengkang, $A_v = n_s * \pi / 4 * P^2 = 157.08 \text{ mm}^2$
 Jarak sengkang yang diperlukan: $s = A_v * f_y * d / (V_s * 103) = 401.05 \text{ mm}$
 Jarak sengkang maksimum, $s_{max} = d / 2 = 246.00 \text{ mm}$
 Jarak sengkang ketentuan, $s_{max} = 150 \text{ mm}$
 Jarak sengkang minimum, $s = 3 * A_v * f_y / (b) = 659.73 \text{ mm}$
 Jarak sengkang yang harus digunakan, $s = 150 \text{ mm}$
 Diambil jarak sengkang:
 $s \rightarrow = 150 \text{ mm}$
 Digunakan sengkang, 2P 10 150

3.1.2. Analisis Rencana Perkuatan Struktur Balok

a. Perhitungan Perkuatan Struktur Balok

Klasifikasi CFRP tipe Fischer Carbon Fiber Sheet FRS-CS N-300. Yang paling tepat dan efektif sebagai penambah kekuatan pada struktur balok.

Perhitungan Perkuatan Balok Menggunakan Fiber – Reinforced Polymer Composite.

a) Perhitungan Balok 550 / 200



Gambar 4.11 Perhitungan Balok 550/200

Sumber : Olahan Penelitian

Rasio = M_x / M_d
 $= 83.1169 / 72.63 = 1.144 > 1$
 Setelah dilakukan perhitungan sebelum perkuatan rasio momen 1.144

→ Membutuhkan Perkuatan

b) Perhitungan Perkuatan 550 / 200



Gambar 4.12 Perhitungan Balok 550/200

Sumber : Olahan Penelitian

Rasio = M_x / M_d
 $= 83.1169 / 92.41$
 $= 0.899 < 1$
 Setelah dilakukan perhitungan perkuatan rasio momen 0.899 → OK.

Kebutuhann CFRP dengan Lebar 100 mm 1 lapis dibagian tulangan momen negative.

3.2. Pembahasan Hasil Analisis Struktur Balok dan Perkuatan Struktur Balok

3.2.1 Pembahasan Hasil Analisis Struktur Balok Eksisting

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai analisis pada Bangunan Villa milik PT. Bangun Karya Filadelfia – Bali, dengan dilakukan analisis eksisting struktur Balok dan perkuatan struktur balok dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 3.3 Rekapitulasi Kapasitas Struktur Balok Eksisting

Tipe Balok	Lantai	Dimensi	Tulangan		Ratio Aktual	Ratio Aman	Status
			Jumlah (Tump/Lap.)	Diameter			
B23	Lantai 2	550 x 200	2/2	D16	1.114	>	1 NG

Sumber : Olahan Penelitian

Tabel 3.3 diatas menunjukkan bahwa ratio aktual sebesar 1.114 > 1 maka, balok B23 tidak memenuhi izin.

Tabel 3.4 Ratio Perbandingan Momen Ultimate dan Momen Nominal

Tipe Balok	Lantai	Dimensi	$\phi * M_n$	M_u	Keterangan	$M_u / \phi * M_n$
B23	Lantai 2	550 x 200	64.166 kNm	53.197 kNm	Aman	0.82905277
			64.166 kNm	83.117 kNm	Tidak Aman	1.29534333

Sumber : Hasil Analisis SNI 2847-2019

Tabel diatas menunjukkan bahwa ϕM_n sebesar 64.166 kNm maka hasil check manual menggunakan SNI 2847-2019 untuk balok B23 tidak aman

3.2.2 Pembahasan Hasil Analisis Struktur Balok Eksisting

Setelah dilakukan perkuatan menggunakan CFRP kapasitas struktur balok dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 3.5 Rekapitulasi Kapasitas Perkuatan Struktur Balok

Tipe Balok	Lantai	Dimensi	Tulangan		Ratio Aktual	Ratio Aman	Status
			Jumlah (Tump/Lap.)	Diameter			
B23	Lantai 2	550 x 200	2/2	D16	0.899	<	1 OK

Sumber : Olahan Penelitian

Pada balok yang tidak memenuhi kriteria yaitu balok tipe B23, dilakukan perbaikan struktur dengan metode CFRP, kebutuhan CFRP dengan lebar 100 mm dengan 1 lapis dibagian tulangan momen negatif (1/4 panjang balok dari kolom).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai analisis untuk perkuatan pada Bangunan Villa milik PT. Bangun Karya Filadelfia di Kota Denpasar - Bali, dengan

menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis menggunakan software ETABS Ultimate V.21.0.0. menunjukkan ratio aktual sebesar 1.114 (>1) sehingga tidak aman dan kontrol analisis menggunakan Metode SNI 2847-2019 Pasal 10.5.1 didapatkan nilai $\phi M_n = 64.166$ kNm sedangkan $M_u = 83.117$ kNm sehingga tidak aman, menunjukan kekuatan struktur balok B23 eksisting pada lantai 2 tidak memenuhi kriteria.
2. Perkuatan Balok 550/200 (B23); Kebutuhan CFRP dengan lebar 100 mm dengan 1 lapis (100/1) dibagian tulangan momen negatif ($1/4$ panjang balok dari kolom).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Chandler, A. M dan Lam, N. 2001. *“Centre For Earthquake Engineering Research (CEER) Department of Civil Engineering. Hongkong: University of Hongkong*
- Djamaluddin. 2016. *“Analisis Hubungan Balok dan Kolom Beton Bertulang”*. Jakarta: Universitas Binus
- Faisal, A. 2005. *“Skenario Terburuk Gempa Sumatera dan Respon Tanah di Kota Medan”*. Medan: Laporan Penelitian UMSU.ADB Loan 1729-INO.
- Kati, R. R. 2016. *“Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang dengan Perkuatan Geser Menggunakan Lembaran CFRP”*. Makasar: Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
- Krawinkler dan Seneviratna. 1998. *“Inelastic Torsion of Multistory Buildings Under Earthquake Excitations”*. Greece: University of Patras.
- Rohmat and Andrian. 2020. *“Damage Analysis of Structure and Architecture in Buildings (Case Study: F Building of Muhammadiyah University)”*. J. Student Teknik Sipil. Vol.2, no. 2, pp. 134-140