



ANALISIS KAPASITAS LENTUR DAN GESER PELAT LANTAI BETON BERTULANG CFRP DIMENSI 4.900 X 3.150 MM

Nandini Octaviani^{*1}, Euneke Widyaningsih¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung, Jalan PH.H. Mustopa No. 23

*Penulis korespondensi: nandinioktaviani422@gmail.com

DISUBMIT 9 April 2026

DIREVISI 6 Agustus 2026

DITERIMA 8 Agustus 2026

ABSTRAK Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) merupakan alternatif tulangan nonlogam yang memiliki kekuatan tarik tinggi, berat jenis ringan, serta ketahanan korosi yang sangat baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas lentur dan geser pelat lantai beton bertulang CFRP dengan dimensi 4.900 × 3.150 mm. Analisis dilakukan secara numerik menggunakan perangkat lunak SAP2000. Hasil analisis berupa momen terfaktor (M_u) dan gaya geser terfaktor (V_u) dibandingkan dengan kapasitas lentur (ϕM_n) dan kapasitas geser (ϕV_n) berdasarkan ACI 440.1R-15. Hasil menunjukkan bahwa pelat lantai beton bertulang CFRP memenuhi persyaratan kapasitas lentur dan geser. Dengan demikian, CFRP dapat digunakan sebagai alternatif tulangan pada pelat lantai beton.

KATA KUNCI Pelat Lantai Beton; CFRP; Kapasitas Lentur; Kapasitas Geser; SAP2000.

1 PENGANTAR

Pelat lantai merupakan elemen struktur horizontal yang berfungsi menyalurkan beban gravitasi ke elemen struktur pendukung seperti balok dan kolom. Pada struktur beton bertulang, pelat lantai harus dirancang agar mampu menahan gaya lentur dan geser akibat kombinasi beban mati dan beban hidup. Tulangan baja konvensional yang umum digunakan memiliki kelemahan terhadap korosi, sehingga diperlukan alternatif material yang lebih tahan terhadap lingkungan agresif.

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) merupakan material komposit berbasis serat karbon yang memiliki kekuatan tarik tinggi, berat ringan, serta ketahanan korosi yang sangat baik. Penelitian ini difokuskan pada analisis kapasitas lentur dan geser pelat lantai beton bertulang CFRP dengan dimensi 4.900 × 3.150 mm sebagai representasi pelat dua arah pada bangunan gedung.

2 METODE PENELITIAN

Beton Bertulang. Beton bertulang (*reinforced concrete*) adalah material komposit yang terbentuk dari beton dan tulangan yang secara bersama-sama menahan beban struktur. Beton menahan gaya tekan, sedangkan tulangan menahan

gaya tarik yang terjadi akibat beban lentur atau geser. Dengan kombinasi ini, elemen struktur seperti balok, kolom, dan pelat lantai dapat dibuat lebih efisien dan tahan lama. [1]

Data Struktur Pelat. Data struktur pelat yang akan digunakan diambil dari data suatu gedung, sebagai berikut:

- Material : Beton Bertulang
- Kuat tekan beton (f'_c) : 25 MPa
- Tipe dan tebal pelat : S1 tebal 150 mm
- Dimensi pelat : 4.900 x 3.150 mm



Gambar 1 Jenis-Jenis Tulangan FRP

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP). CFRP merupakan salah satu jenis *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) yang menggunakan serat karbon sebagai penguat

utama dan resin polimer sebagai bahan pengikat. Material ini memiliki kekuatan tarik tinggi serta berat yang ringan, sehingga menghasilkan rasio kekuatan terhadap berat yang sangat baik. Dalam konstruksi beton bertulang, CFRP digunakan sebagai tulangan pengganti baja. Tulangan CFRP berfungsi menahan gaya tarik pada elemen struktur, namun memiliki keunggulan utama yaitu tahan terhadap korosi dan tidak mudah terpengaruh oleh kondisi lingkungan. CFRP umumnya tersedia dalam bentuk batang tulangan (*rebar*) untuk digunakan di dalam

beton, serta lembaran atau plat yang dipasang di permukaan elemen beton sebagai bahan perkuatan eksternal. [2]

Data Tulangan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP). Data tulangan CFRP berdasarkan SNI 8970: 2021 dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut: [5]

- f_{tu}^* : 2.070 MPa
- Modulus elastisitas : 152.000 MPa
- Diameter tulangan : 10 mm
- Jarak antar tulangan : 300 mm

Tabel 1 Nilai Umum untuk Rasio Tulangan (SNI 8970:2021)

Tipe batang	Kuat leleh f_y atau kekuatan tarik f_{tar} (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)	ρ_b atau ρ_{fb}
Baja	414	200	0,0335
GFRP	552	41,4	0,0078
AFRP	1.172	82,7	0,0035
CFRP	2.070	152	0,0020

Beban Mati. Beban mati adalah beban tetap yang berasal dari berat sendiri struktur dan seluruh material bangunan yang terpasang secara permanen. Nilainya ditentukan berdasarkan dimensi elemen struktur dan berat jenis material, misalnya untuk beton sebesar 2.400 kg/m^3 (24 kN/m^3).

Beban Mati Tambahan. Beban mati tambahan adalah beban tetap non-struktural yang bekerja pada elemen struktur, tetapi tidak termasuk berat sendiri bangunan. Contohnya yaitu lapisan penutup lantai, *screed*, plafon, instalasi MEP (Mekanikal, Elektrikal, *Plumbing*), serta partisi ringan yang bersifat permanen. Beban mati tambahan yang digunakan berdasarkan PBI-1983 Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung untuk pembebanan pelat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Total Beban Mati Tambahan (PBI:1983)

Material	Beban (kN/m^2)
Spesi	0,21
Keramik	0,24
Plafond dan Rangka	0,2
MEP	0,25

Total SIDL	0,9
-------------------	------------

Beban Hidup. Beban hidup merupakan beban sementara yang timbul akibat penggunaan dan aktivitas penghuni di dalam bangunan. Contohnya meliputi berat manusia, perabot, dan barang yang dipindahkan. Beban hidup tidak termasuk dalam beban konstruksi permanen maupun beban lingkungan seperti angin, hujan, gempa, atau banjir, dan nilainya disesuaikan dengan fungsi ruang serta jenis bangunan sesuai (SNI 1727:2020). Beban hidup minimum yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3. [3]

Tabel 3 Total Beban Hidup (SNI 1727:2020)

Penggunaan Hunian	Beban (kN/m^2)
Kantor	2,4
Atap datar, berbubung, dan lengkung	0,96
Total	3,36

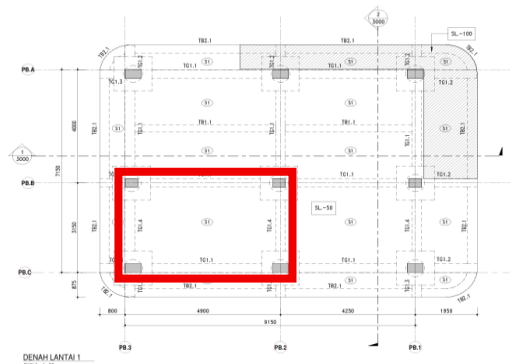
Kombinasi Pembebanan. Kombinasi pembebanan digunakan untuk mengetahui kondisi terberat yang mungkin dialami bangunan akibat pengaruh beberapa jenis beban yang bekerja secara bersamaan. Kombinasi yang digunakan menurut (SNI 2847:2019) dapat dilihat pada Tabel 4. [4]

Tabel 4 Kombinasi Pembebanan (SNI 2847:2019)

No.	Kombinasi Pembebanan
1	1,4 DL
2	1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (Lr/ S/ R)
3	1,2 DL + 1,6 (Lr/ S/ R) + 1,0 (LL/ 0,5 WL)
4	1,2 DL + 1,0 WL + 1,0 LL + 0,5 (Lr/ S/ R)
5	1,2 DL + 1,0 E + 1,0 LL + 0,2 S
6	0,9 DL + 1,0 WL
7	0,9 DL + 1,0 E

Pemodelan Elemen Struktur Pelat.

Pemodelan dilakukan satu kali menggunakan data kondisi eksisting dengan dimensi 4.900 x 3.150 mm dari potongan pelat pada denah bangunan. Pemodelan tersebut mencakup pendefinisian properti material beton, dimensi pelat, serta penerapan pembebanan yang sesuai dengan standar perancangan. Hasil analisis dari pemodelan ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan perhitungan tulangan CFRP. Selain itu, output analisis SAP2000 juga dimanfaatkan untuk mengevaluasi kapasitas struktur pelat. Bagian pelat yang dianalisis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Elemen Pelat yang Ditinjau

Perhitungan Kapasitas Pelat. Kapasitas adalah kemampuan maksimum elemen pelat dalam menahan gaya internal yang timbul akibat beban. Pada pelat beton bertulang, kapasitas utama yang akan dianalisis yaitu kapasitas lentur dan kapasitas geser. Perhitungan kapasitas pelat lantai menggunakan tulangan CFRP ini akan dibandingkan dengan data M_u dan V_u output terbesar dari hasil analisis model struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000. Berikut ini merupakan perhitungan kapasitas pelat lantai menggunakan

tulangan CFRP berdasarkan ACI 440.1R-15: [6]

a. Kapasitas Lentur

Momen nominal beton bertulang (M_n) dihitung menggunakan rumus:

$$M_n = A_f f_f \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

dimana:

M_n = Kapasitas momen nominal (N.mm)

A_f = Luas tulangan FRP (mm²)

f_f = Tegangan tarik pada tulangan FRP (MPa)

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)

a = Tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen (mm)

Kapasitas lentur dihitung menggunakan rumus:

$$\phi M_n = 0,65 \times M_n$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

dimana:

ϕM_n = Kapasitas lentur (N.mm)

M_n = Kapasitas momen nominal (N.mm)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (N.mm)

b. Kapasitas Geser

Kuat geser beton (V_c) dihitung menggunakan rumus:

$$V_c = \frac{4}{5} \sqrt{f'_c} b (k \times d)$$

dimana:

V_c = Kuat geser nominal oleh beton (N)

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

b = Lebar penampang persegi panjang (mm)

k = Rasio kedalaman sumbu netral terhadap kedalaman tulangan

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)

Kapasitas geser dihitung menggunakan rumus:

$$\phi V_c = 0,75 \times V_c$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

dimana:

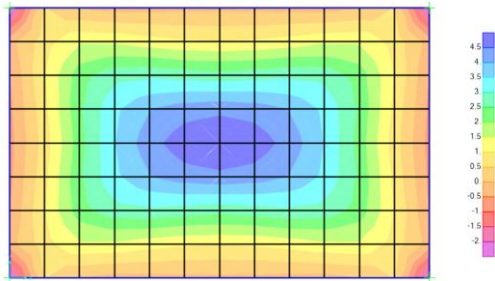
ϕV_c = Kapasitas geser (N)

V_c = Kuat geser nominal oleh beton (N)

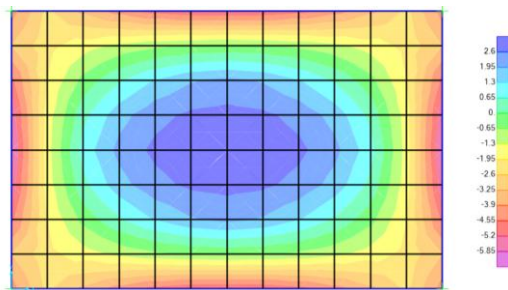
V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang (N)

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

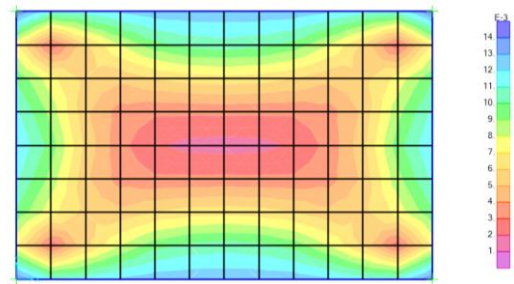
Hasil Analisis Momen dan Geser. Pola distribusi momen dan geser pada pelat lantai dimensi 4.900 x 3.150 mm dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5 serta nilai momen dan geser hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 3 Momen Maksimum



Gambar 4 Momen Minimum



Gambar 5 Geser Maksimum

Tabel 5 Elemen Forces Pelat

Momen Max Arah X (M11)	3,0756	kN.m
Momen Min Arah X (M11)	-6,0887	kN.m
Momen Max Arah Y (M22)	4,9578	kN.m
Momen Min Arah Y (M22)	-5,2547	kN.m

Hasil Perhitungan Kapasitas Momen dan Geser. Untuk mengetahui kapasitas dan kinerja pelat lantai beton bertulang dengan tulangan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP), dilakukan analisis terhadap berbagai parameter struktur. Hasil kapasitas lentur, kapasitas geser dan rasio gaya dalam untuk pelat berukuran 4.900 x 3.150 mm

Tabel 6 Nilai Kapasitas Pelat Lantai Menggunakan CFRP

Pelat Lantai Beton Bertulang CFRP 4.900 x 3.150 mm	
Keterangan	Pelat Tulangan CFRP
Berat Jenis (kN/m ³)	24
Momen Rencana (Mu) (kN.m)	6,0887
Geser Rencana (Vu) (kN)	14,3
Kapasitas Lentur (ØMn) (kN.m)	32,91
Kapasitas Geser (ØVn) (kN)	52,5
Rasio Lentur $\frac{M_u}{\phi M_n}$	0,185
Rasio Geser $\frac{V_u}{\phi V_n}$	0,272

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pelat lantai beton bertulang CFRP berukuran 4.900 × 3.150 mm, diperoleh bahwa kapasitas lentur dan kapasitas geser pelat berada jauh di atas kebutuhan desain. Nilai momen rencana sebesar 6,0887 kN·m dan gaya geser rencana sebesar 14,3 kN masih lebih kecil dibandingkan kapasitas lentur ($\phi M_n = 32,91$ kN·m) dan kapasitas geser ($\phi V_n = 52,5$ kN). Hal ini ditunjukkan oleh rasio lentur sebesar 0,185 dan rasio geser sebesar 0,272, yang keduanya lebih kecil dari satu. Dengan demikian, pelat dengan tulangan CFRP dinyatakan aman terhadap kegagalan lentur maupun geser, serta memenuhi persyaratan kekuatan struktural sesuai kriteria perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wight, J. K., *Reinforced Concrete: Mechanics and Design*, Pearson Education, 2016.
- [2] Jahami, A. dan Issa, C. A., "An updated review on the effect of CFRP on flexural performance of reinforced concrete beams," *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 18, no. 1, 2024, <https://doi.org/10.1186/s40069-023-00651-y>.
- [3] M Standar Nasional Indonesia, *SNi 1727:2020 – Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan dan struktur lain*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2020.
- [4] Standar Nasional Indonesia, *SNi 2847:2019 – Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2019.
- [5] Standar Nasional Indonesia, *SNi 8970:2021 – Panduan perancangan dan pelaksanaan beton struktural bertulang dengan serat berpolimer*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2021.
- [6] American Concrete Institute, *ACI 440.1R-15: Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars*, American Concrete Institute, Farmington Hills, 2015.

