

**ANALISIS PENAMBAHAN JUMLAH LANTAI GEDUNG UNEJ DENGAN
KOLOM DIPERKUAT *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*
(CFRP) TERHADAP KEKUATAN PONDASI EXISTING**

Nindiari Ade Priscasari

Dosen Pembimbing :

Ir. Pujo Priyono, M.T. ; Ir. Totok Dwi K, M.T.

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia

E-mail : nindiariade74@gmail.com

ABSTRAK

Keterbatasan lahan mengakibatkan susahnya melakukan penambahan luas bangunan ke arah horisontal khususnya pada Gedung H FKIP Universitas Jember, salah satu cara untuk memperluas ruangan pada gedung adalah penambahan lantai atau pembangunan ke arah vertikal. Sebelum menambah lantai, perlu dilakukan perkuatan pada struktur primer gedung yaitu kolom. Penelitian ini memperkuat kolom dengan FRP jenis *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* terhadap kekuatan pondasi eksisting.

Penelitian ini menggunakan program bantu SAP2000 untuk menganalisis struktur gedung tersebut. Dari hasil analisis, Gedung H FKIP Universitas Jember mampu ditambah 1 lantai dengan memperkuat kolom terhadap kekuatan pondasi eksisting. Setelah diperkuat menggunakan CFRP dengan tebal 1 mm dan 1 lapis, penambahan kapasitas aksial kolom sebesar 35% dari kapasitas aksial semula.

Kata kunci : *Gedung H FKIP Universitas Jember, Struktur Primer, CFRP, Penambahan Kapasitas Aksial Kolom.*

ABSTRACT

The limited land makes difficult increasing the building area as horizontall, which is especially in the H Building FKIP, Jember University. One way to expand the space in the building area is adding the floor or the build in vertical direction. Before adding the floors, It is important to reinforce the primary structure of the building that are columns. This research aim to reinforce the columns with FRP which have type Carbon Fiber Reinforced Polymer (or CFRP) into strength the existing foundation.

This research used the SAP2000 to analyze the structure of the building. From the result of analysis can give information that the H Building FKIP, Jember University was able to add one floor by strength the column for the strength of the existing foundation. After it is reinforcing which used CFRP with a thickness of 1 mm and 1 layer, the axial capacity of the clolumn was increased to 35 % from the original axial capacity.

Keywords : *the H Building FKIP, Jember University, Primary Structure, CFRP, The Addition of Column Axial Capacity*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung H Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan merupakan salah satu gedung yang ada di Universitas Jember. Gedung tersebut memiliki fungsi sebagai gedung perkuliahan dan terdiri dari 3 lantai. Permasalahan yang serius untuk menambah luasan bangunan adalah lahan yang terbatas. Keterbatasan lahan mengakibatkan susahny melakukan penambahan luas bangunan ke arah horisontal. Salah satu cara untuk memperluas ruangan pada gedung adalah penambahan lantai atau pembangunan ke arah vertikal. Dalam penambahan lantai perlu dilakukan analisis terhadap struktur yang ada di bawahnya agar mampu menahan beban yang ada di atasnya tanpa harus membongkar struktur utamanya. Struktur utama dalam suatu gedung meliputi kolom, balok dan plat.

Fiber Reinforced Polymer (FRP) adalah inovasi perkuatan komposit yang saat ini banyak digunakan sebagai perkuatan eksternal tambahan pada struktur karena sifatnya setelah dipasang pada struktur beton mampu menghilangkan kekurangan beton yang getas menjadi struktur yang daktail. Keunggulan dari perkuatan FRP ini yaitu bahan lebih ringan, kekuatan tarik tinggi, tidak terjadi korosi sehingga memiliki durabilitas (keawetan) yang tinggi, mudah dalam pemasangannya sehingga menghemat waktu serta bahannya mudah untuk dibentuk (fleksibel). Dua jenis serat yang umum digunakan untuk perkuatan struktur

adalah: *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* dan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*. CFRP adalah jenis *fiber* yang relatif lebih murah serta memiliki regangan yang lebih besar dibandingkan CFRP. Keunggulan CFRP lainnya adalah ketahanan kimia yang sangat tinggi dan memiliki sifat isolasi yang sangat baik. Keunggulan ini menjadikan material CFRP merupakan pilihan yang baik untuk perkuatan struktur.

Dari latar belakang di atas, direncanakan sebuah penelitian tentang analisa pengaruh penelitian ini melakukan perkuatan struktur pada bagian kolom menggunakan metode perkuatan *Jacketing* dengan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* terhadap kekuatan pondasi eksisting. Metode *jacketing* dilakukan dengan cara memberi bahan *Carbon fiber* pada kolom untuk menambah daktail dan kapasitas aksial.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana penambahan kapasitas aksial dan kuat geser kolom dengan perkuatan menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* akibat penambahan lantai?
2. Bagaimana hasil penambahan jumlah lantai Gedung Universitas Jember dengan kolom diperkuat *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* terhadap kekuatan pondasi eksisting?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Untuk merencanakan penambahan kapasitas aksial kolom setelah diperkuat menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* akibat penambahan lantai pada kolom dengan Pu terbesar.
2. Untuk meng-analisa hasil penambahan lantai Gedung Universitas Jember dengan kolom diperkuat *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* terhadap kekuatan pondasi eksisting.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan dan keterbatasan penulis, perlu adanya batasan-batasan masalah :

1. Analisis pada bagian kolom gedung terhadap pondasi eksisting
2. Gedung yang ditinjau adalah Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
3. Mengabaikan dimensi kolom akibat penambahan *fiber*
4. Mutu Beton $f_c = 20,75$ MPa
5. Mutu Baja $f_y = 32$ Mpa
6. Mengacu pada SNI-1723-2013
7. Mengacu pada SNI 1726-2012
8. Mengacu pada ACI 440.2R-08
9. Menggunakan material *Carbon type General Purpose*:
 - a. Modulus Elastisitas (E_f) = 220000 Mpa
 - b. Regangan (ϵ_{fu}^*) = 0.012 mm/mm
 - c. Kuat Tekan (f_{fu}^*) = 2050 MPa

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kolom

Menurut Kaontole (2015), kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok untuk diteruskan sampai ke dalam pondasi.

Menurut Nawy (1998), kolom dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, posisi beban pada penampangnya, dan panjang kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateralnya.

2.2 Pengertian Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak dibawah permukaan tanah yang mempuny yaitu fungsi memikul beban bagian bangunan lain diatasnya (Joseph E. Bowles, 1997).

2.3 Metode *Retrofitting*

Retrofitting merupakan metode yang digunakan untuk memperbaiki atau memperkuat struktur dengan cara memperbesar dimensi struktur, menyelubungi struktur dengan profil baja, dan penambahan jumlah tulangan atau sengkang lalu ditutup menggunakan coran beton agar dapat menerima beban yang ada.

2.4 Metode *Jacketing*

Metode *jacketing* merupakan salah satu metode yang umum digunakan pada perbaikan atau kekuatan struktur terutama pada kolom. Metode *jacketing* dilakukan dengan menambahkan jumlah tulangan dan sengkang di luar kolom, kemudian ditutup kembali dengan coran beton/*jacketing*.

2.4.1 Macam-macam Teknik

Metode Jacketing

1. Metode *jacketing* menggunakan *concrete*.
2. *Steel Jacketing* yaitu menyelimuti beton yang ada dengan profil baja tambahan.
3. *Fiber Reinforced Polymer (FRP)* yaitu menyelimuti beton bertulang yang ada dengan material komposit. Bahan *Fiber Reinforced Polymer* sendiri ada tiga jenis yaitu *fiber (FRP)*, *carbon (CFRP)* dan *glass (GFRP)*.

2.4.2 Metode Perkuatan dengan Fiber Reinforced Polymer (FRP)

FRP (Fiber Reinforced Polymer) yaitu polimer yang diperkuat dengan menggunakan serat. Penggunaan serat ini dimaksudkan agar berat material komposit menjadi lebih ringan dibandingkan dengan menggunakan logam yang relatif lebih berat

Bahan serat yang umum digunakan adalah :

1. *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*
2. *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*
3. *Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP)*

2.4.3 Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)

CFRP merupakan sejenis pelat baja tipis yang di dalamnya terdapat serat-serat carbon dan fiber. CFRP biasanya digunakan pada jembatan dan pada bagian balok, kolom, dan pelat suatu bangunan. Selain mampu menahan gaya regangan pada kolom, CFRP juga mampu melakukan ikatan pada kolom tersebut, sehingga kolom dan CFRP menjadi linier dan bertambah

kaku. CFRP sendiri memiliki banyak keuntungan, akan tetapi CFRP juga memiliki beberapa kerugian antara lain resiko terhadap bahaya kebakaran yang cukup tinggi, sehingga CFRP perlu dilindungi oleh lapisan plesteran beton dan harga CFRP yang relatif tinggi.

Untuk Aksial Nominal Maksimum Kolom dengan Perkuatan FRP Menurut ACI 440-2R-17 (2017) adalah:

$$P_n(\max) = 0,85 [0,85 \cdot f_{cc}(A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

Untuk Menghitung Material Desain FRP :

$$f_{cc} = \frac{1}{0,85 (A_g - A_{st})} \times \left(\frac{\phi P_n \cdot T \cdot FRP}{0,8\phi} \right) - f_y \times A_{st}$$

Untuk Menentukan Jumlah Lapisan :

$$n = \frac{f_l \times \sqrt{b^2 + h^2}}{\psi_f \times 2 \times E_f \times t_f \times \epsilon_{fe}}$$

2.5 Pembebanan

Beban yang bekerja pada suatu struktur bangunan meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban angin.

2.5.1 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk struktur menurut SNI 1726-2012 : 15-16 :

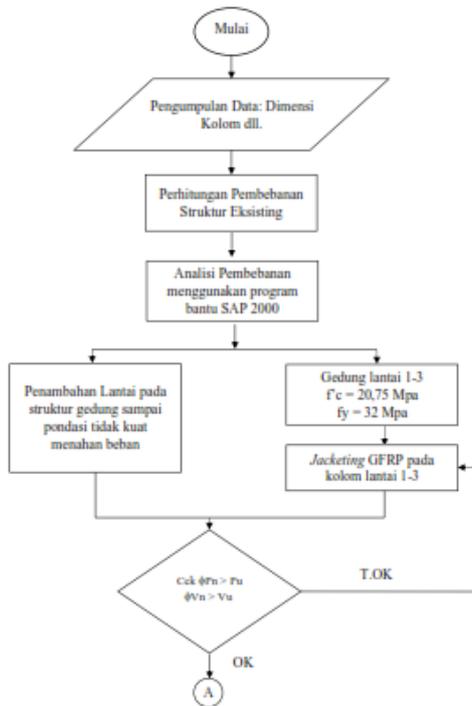
- 1) 1,4D
- 2) 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
- 3) 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5W)
- 4) 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr atau R)
- 5) 1,2D + 1,0E + L
- 6) 0,9D + 1,0W
- 7) 0,9D + 1,0E

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Gedung Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember, Jalan Kalimantan – Kampus Tegal Boto, Jember, Jawa Timur

3.2 Alur Penelitian



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Eksisting Gedung

Data awal perencanaan Gedung 3 Lantai Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember sebagai berikut :

- Fungsi Bangunan : Gedung Kuliah
- Luas Bangunan Setiap Lantai : 824,6 m²
- Jumlah Lantai : 3 Lantai
- Tinggi Lantai : 4,5 m dan 6,6 m
- Jenis Bangunan : Beton Bertulang
- Mutu Beton : 20,75 MPa

g) Mutu Baja : 320 MPa

Nama	Dimensi	Tulangan
K1	35 x 35	12D19
K2	25 x 25	6D13
K3	12 x 12	4D13

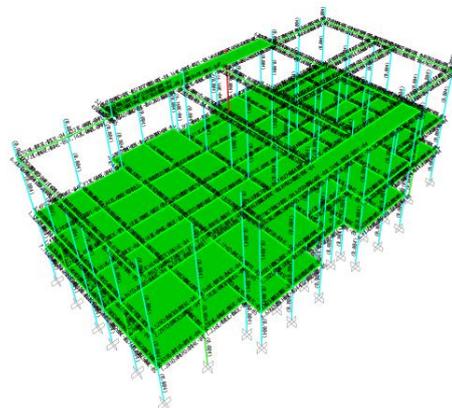
Tabel 4.1 Dimensi Kolom

Nama	Dimensi	Tulangan	
		Tumpuan	Lapangan
Balok			
Induk	20 x 50	6D16	3D16
Lantai		3D16	6D16
Balok			
Induk	20 x 40	6D16	3D16
Lantai		3D16	6D16
Balok		8D19	4D19
Anak	30 x 80	2D13	2D13
Lantai		4D19	8D19
Ringbalk	35 x 40	5D16	2D16
		2D16	5D16

Tabel 4.2 Dimensi Balok

4.2 Hasil Analisis SAP Gedung 3 Lantai

Berikut hasil analisis struktur gedung 3 lantai menggunakan program bantu SAP2000 :



Gambar 4.1 Hasil Analisis Struktur Struktur dapat dikategorikan aman karena tidak mengalami kegagalan struktur. Karena

$$\phi P_n \text{ 3 lantai} > P_u \text{ SAP 3 lantai}$$

$$1994,448 \text{ kN} > 12,9619 \text{ kN}$$

Jadi gedung eksisting tidak mengalami kegagalan struktur.

4.3 Daya Dukung Pondasi Terhadap Penambahan Lantai

Daya dukung pondasi diperhitungkan untuk mengetahui daya dukung pondasi gedung H FKIP Universitas Jember terhadap penambahan lantai.

4.3.1 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Gedung 3 Lantai

- Dimensi Pondasi : 1,8 m x 1,8 m
- Perlawanan Qonus (q_c) : 249,6 kg/cm²
- Safety Factor (SF) : 3
- Tanah Kohesif, Kedalaman : 2,2 m
- Mutu Beton Pondasi (f_c') : 24,9 MPa
- Mutu Baja (f_y) : 320 MPa

$$q_{ult} = 5 + 0,34q_c = 89,864 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{SF} = 29,955 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_u \text{ SAP 3 lantai} = 58288,51 \text{ kg}$$

- Daya Dukung Pondasi**
 $q_{u \text{ nett}} = 17,99 \text{ ton/m}^2$
- Tebal plat pondasi**
 $d = 351 \text{ mm}$
 $b_o = 2804 \text{ mm}$
- Gaya geser pondasi**
 $Q_{u \text{ nett}} = 7,6 \text{ ton}$
 $P_u \text{ nett} = 506,64 \text{ kN}$
 $V_c = 1637,056 \text{ kN}$
- Cek kontrol geser pondasi**
 $\phi V_c > \phi P_{u \text{ nett}}$
 $1227,792 \text{ kN} > 506,064 \text{ kN (OK)}$

Menghitung tulangan lentur pondasi
 $M_u = 47,3 \text{ kNm}$
 $R_n = 0,48$
 $m = 16,6$
 $\rho_{\text{perlu}} = 0,0015$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{min}} \times b \times d$$

$$= 1535,625 \text{ mm}^2$$

Dari data eksisting, D19-150 -> $A_s = 1890$ (dari tabel besi tulangan)
 Jadi $A_s \text{ perlu} < A_s \text{ eksisting (OK)}$

4.3.2 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Terhadap Penambahan Lantai

$$P_u \text{ SAP 4 lantai} = 197705,43 \text{ kg}$$

- Daya dukung pondasi**
 $q_{u \text{ nett}} = 61,020 \text{ ton/m}^2$
- Tebal plat pondasi**
 $d = 351 \text{ mm}$
 $b_o = 4004 \text{ mm}$
- Gaya geser pondasi**
 $Q_{u \text{ nett}} = 25,86 \text{ ton}$
 $P_u \text{ nett} = 1718,5 \text{ kN}$
 $V_c = 2337,65 \text{ kN}$
- Cek kontrol geser pada pondasi**
 $\phi V_c > \phi P_{u \text{ nett}}$
 $1753,24 \text{ kN} > 1718,5 \text{ kN (OK)}$

Menghitung tulangan lentur pondasi
 $M_u = 100,87 \text{ kNm}$
 $R_n = 1,02$
 $m = 16,06$
 $\rho_{\text{perlu}} = 0,00327$
 $A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{min}} \times b \times d$
 $= 1535,625 \text{ mm}^2$

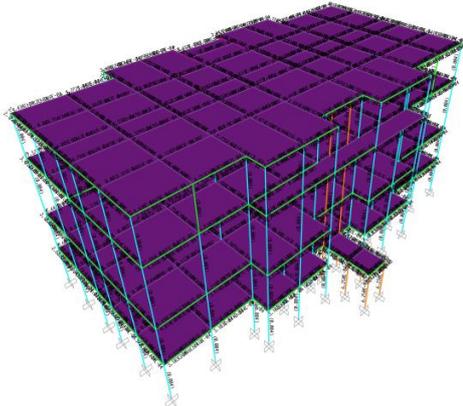
Dari data eksisting, D19-150 -> $A_s = 1890$ (dari tabel besi tulangan)
 Jadi $A_s \text{ perlu} < A_s \text{ eksisting (OK)}$

Dari hasil perhitungan tersebut, pondasi eksisting mampu menahan hingga 4 lantai. Jumlah lantai total setelah dilakukan penambahan yaitu 4 lantai.

4.4 Hasil Analisis Desain Perencanaan Gedung 4 Lantai

Berdasarkan hasil analisis menggunakan SAP 2000, dapat disimpulkan bahwa struktur gedung 3 lantai masuk ke dalam kategori aman dan akan dilakukan penambahan lantai hingga mencapai

4 lantai menggunakan dimensi balok dan kolom yang sama.



Gambar 4.2 Hasil analisis kapasitas komponen struktur

4.4.1 Cek Validasi Aksial

$$\begin{aligned} \text{Cek} &= \frac{P_{uSAP} - P_{uManual}}{P_{uSAP}} \times 100\% \\ &= \frac{249959,1 - 228907,7}{249959,1} \times 100\% \\ &= 8,42\% \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan cek validasi perbandingan output dari program bantu SAP2000 dengan perhitungan manual adalah $8,42\% < 10\%$ maka OK.

4.5 Perkuatan Struktur Kolom

Perkuatan struktur kolom dilakukan agar kapasitas aksial kolom di lantai 1 sampai 3 dapat menahan beban yang diterima setelah ditambah 1 lantai. Perkuatan dilakukan dengan menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* dengan spesifikasi sesuai peraturan ACI 440-2R-17 dengan ketebalan 1 mm.

- Dimesi Kolom : 35 cm x 35 cm
- Mutu Beton (f'_c) : 20.75 MPa
- Mutu Baja (f_y) : 320 MPa
- Diameter Tulangan : D19
- Diameter Sengkang : 10 mm
- Jumlah tulangan : 12
- Tebal Selimut (t_s): 40 mm

Fiber type	Elastic modulus		Ultimate strength		Rupture strain, minimum, %
	10^3 ksi	GPa	ksi	MPa	
Carbon					
General purpose	32 to 34	220 to 240	300 to 550	2050 to 3790	1.2
High-strength	32 to 34	220 to 240	550 to 700	3790 to 4820	1.4
Ultra-high-strength	32 to 34	220 to 240	700 to 900	4820 to 6200	1.5
High-modulus	50 to 75	340 to 520	250 to 450	1720 to 3100	0.5
Ultra-high-modulus	75 to 100	520 to 690	200 to 350	1380 to 2400	0.2
Glass					
E-glass	10 to 10.5	69 to 72	270 to 390	1860 to 2680	4.5
S-glass	12.5 to 13	86 to 90	500 to 700	3440 to 4140	5.4
Aramid					
General purpose	10 to 12	69 to 83	500 to 600	3440 to 4140	2.5
High-performance	16 to 18	110 to 124	500 to 600	3440 to 4140	1.6

Gambar 4.3 Tabel spesifikasi bahan *Carbon*

Data perencanaan material CFRP yang dipakai :

t_f (Tebal)	1	Mm
f_{fu}^* (Kuat Tekan)	3790	MPa
ϵ_{fu}^* (Regangan)	0.014	mm/mm
E_f (Modulus Elastisitas)	220000	MPa

Tabel 4.3 Material CFRP rencana

- Menghitung material desain CFRP

Exposure conditions	Fiber type	Environmental reduction factor C_E
Interior exposure	Carbon	0.95
	Glass	0.75
	Aramid	0.85
Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)	Carbon	0.85
	Glass	0.65
	Aramid	0.75
Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)	Carbon	0.85
	Glass	0.50
	Aramid	0.70

Gambar 4.4 Nilai C_e berdasarkan ACI 440-2R-17

$$\begin{aligned} f_{fu} &= C_e \times f_{fu}^* \\ &= 3600,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{fu} &= C_e \times \epsilon_{fu}^* \\ &= 0.0133 \text{ mm/mm} \end{aligned}$$

- Menentukan kuat tekan maksimum beton (f'_{cc}) yang diperlukan beton

$$\begin{aligned} f'_{cc} &= \frac{1}{0,85 (A_g - A_{st})} \times \left(\frac{\phi P_n \cdot T_{FRP}}{0,8\phi} \right) - f_y \times A_{st} \\ &= 27,1287 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Menentukan jumlah lapisan FRP yang digunakan

Perhitungan jumlah lapisan yang dibutuhkan terhadap tebal

material CFRP (tf) yang berbeda – berbeda :

- $n_{(0,3 \text{ mm})} = \frac{f_1 \times \sqrt{b^2 + h^2}}{\psi_f \times 2 \times E_f \times t_f \times \epsilon_{fe}} = 1,043 \rightarrow 2 \text{ Lapis}$
- $n_{(0,5 \text{ mm})} = \frac{f_1 \times \sqrt{b^2 + h^2}}{\psi_f \times 2 \times E_f \times t_f \times \epsilon_{fe}} = 0,636 \rightarrow 1 \text{ Lapis}$
- $n_{(1 \text{ mm})} = \frac{f_1 \times \sqrt{b^2 + h^2}}{\psi_f \times 2 \times E_f \times t_f \times \epsilon_{fe}} = 0,313 \rightarrow 1 \text{ Lapis}$
- $n_{(1,2 \text{ mm})} = \frac{f_1 \times \sqrt{b^2 + h^2}}{\psi_f \times 2 \times E_f \times t_f \times \epsilon_{fe}} = 0,261 \rightarrow 1 \text{ Lapis}$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka material CFRP yang optimum untuk digunakan yaitu 0,5 mm, 1 mm, dan 1,2 mm. Pada penelitian ini menggunakan material CFRP dengan ketebalan 1 mm dan 1 lapis.

- **Mencari kapasitas aksial kolom lantai 1 yang sudah di Retrofitting**

$$\phi P_n(\max) = 0.85 \times \phi \times (0.85 \times f'_{cc} (A_g - A_{st}) + (f_y \times A_{st})) = 3068382,24 \text{ N}$$

- **Cek kapasitas aksial dibandingkan dengan PU dari SAP2000 gedung 4 lantai**

$$\phi P_{nFRP} > P_{uSAP4 \text{ Lantai}} \dots \text{OK}$$

$$3068382,24 \text{ N} > 2499591,4 \text{ N} \dots \text{OK}$$

Jadi perkuatan kolom pada lantai 1 berhasil dan kuat untuk menahan beban aksial pada struktur, yang dapat dilihat dari Kapasitas Aksial yang dibutuhkan untuk kolom lantai 1 adalah 2499591,4 MPa, sedangkan hasil perkuatan didapatkan Pn sebesar 3068382,24 MPa.

- **Cek kontrol geser kolom ($\phi V_n \geq V_u$)**

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$214618,266 \text{ Kg} \geq 743,67 \text{ Kg} \dots \text{OK}$$

4.5.1 Penambahan Kapasitas Aksial Kolom

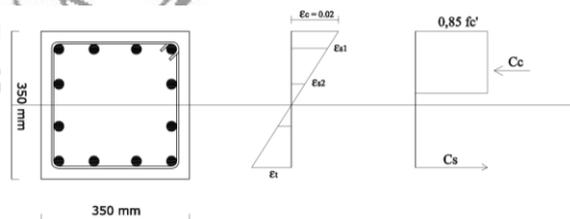
Hasil perhitungan dan perkuatan struktur kolom gedung yang dilakukan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

	3 Lantai Eksistins g	4 Lantai (SAP)	4 Lantai setelah diperkuat
Beban Aksial (kN)	1994.44 8	2499.5 91	3068.382
Gaya Geser (kN)	26139.9 85	743.67	214618.2 66

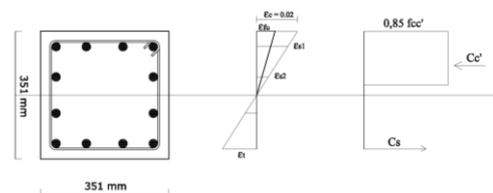
Tabel 4.4 Hasil analisis perkuatan struktur

Dari hasil analisis di atas didapatkan kenaikan kapasitas aksial kolom akibat perkuatan menggunakan CFRP sebesar 35% dari kapasitas aksial semula. Perkuatan yang dilakukan meninjau kolom K1 yang berada di lantai 1.

Berikut diagram regangan dan tegangan pada kolom sebelum dan setelah dilakukan perkuatan :



Gambar 4.5 Diagram Regangan Dan Tegangan Kolom Sebelum Diperkuat



Gambar 4.6 Diagram Regangan Dan Tegangan Kolom Setelah Diperkuat

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari Perkuatan Struktur Kolom Gedung H Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember Dengan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* Akibat Penambahan Lantai ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan kapasitas aksial kolom setelah diperkuat menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* dengan ketebalan 1 mm, 1 lapis CFRP sebesar 35% dari kapasitas aksial semula.
2. Daya dukung pondasi gedung H FKIP Universitas Jember dapat ditambah lantai dari semula 3 lantai menjadi 4 lantai, dilihat dari aspek kuat geser pondasi, daya dukung pondasi terhadap tanah dan terhadap tulangan tarik maupun geser.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil evaluasi dari Perkuatan Struktur Kolom Gedung H Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember Dengan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* Akibat Penambahan Lantai ini terdapat beberapa saran yang perlu dipertimbangkan, diantaranya :

1. Dapat menggunakan material CFRP dengan ketebalan 0,5 mm, 1,2 mm dan 3 mm sebagai alternatif lain.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang perkuatan struktur secara uji laboratorium dan membandingkan hasilnya dengan perhitungan manual.
3. Meninjau perilaku hubungan Balok-Kolom akibat perkuatan

menggunakan CFRP pada kolom.

4. Menerapkan metode perkuatan struktur pada bagian struktur bangunan lain seperti balok, dan plat.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, K., Agoes S.M.D., dan Tavio. 2012. Pengaruh Pengekangan GFRP Terhadap Kekuatan dan Daktilitas Kolom Beton Bertulang Persegi Akibat Beban Siklik. Media Teknik Sipil, Volume 10, Nomor 2, Agustus 2012: 146 - 155.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2843:2013)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Boen, T., (2009), "*Cara Memperbaiki Bangunan Sederhana yang Rusak Akibat Gempa Bumi*", Jakarta.
- Institute, A. C. (2017). Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP System for Strengthening Concrete Structure. *ACI 440.2R-17*.
- Kaontole, J.T., M.D.J. Sumajouw, dan R.S. Windah. 2015. Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Metode *Concrete Jacketing*. Jurnal

Sipil Statik Vol.3 No.3 Maret 2015 (167-174) ISSN: 2337-6732.

- Nawy E.G., Tavid, Benny Kusuma. 2010. "Beton Bertulang: Sebuah Pendekatan Mendasar Edisi Kelima". ITS Press, Surabaya.
- Nguyen, K. 2010. *Parametric Study of Glass Fiber Reinforced Polymer Concrete Filled Bridge Columns under Lateral Loads*. Center for Civil Engineering and Earthquake Research.
- Nugraini, S. 2017. Analisis Pemodelan Kegagalan Struktur dan *Retrofitting* Kolom Gedung 8 Lantai. *Skripsi*. Jember : S1 Teknik Sipil Universitas Jember.
- Parmo, Agoes, S.M.D., dan Tavio. 2013. Perbaikan Kekuatan Dan Daktilitas Kolom Beton Bertulang yang Mendapat Beban Gempa Menggunakan *Glass Fiber Reinforced Polymer*. *Teknologi Dan Kejuruan*, Vol. 36, No. 1, Pebruari 2013:75-86.
- Saruni, C.V., Servie O.D., dan H. Manalip. 2017. Evaluasi Dan Analisis Perkuatan Bangunan yang Bertambah Jumlah Tingkatnya. *Jurnal Sipil Statik* Vol.5 No.9 November 2017 (591-602) ISSN: 2337-6732.
- Sudarsana, I.K., dan Gede, S. 2007. Perkuatan Kolom Bulat Beton Bertulang dengan Lapis Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 11(1).
- Sulistiawan, A., Agoes, S.M.D., dan Tavio. 2012. *Retrovit* Kolom Pendek Beton

Bertulang Persegi Dengan Perkuatan Eksternal *Carbon Fiber-Reinforced*

Polymer Di Bawah Pengaruh Pembebanan Siklik. *Teknologi Dan Kejuruan*, Vol. 35, No. 2, September 2012:201 - 212.

