

PERENCANAAN PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG KANTOR CAMAT PETANG AKIBAT PENAMBAHAN LANTAI DENGAN FRP (*FIBER REINFORCED POLYMER*)

I Putu Pandu Rusmana¹⁾, I Gusti Nyoman Putra Wijaya¹⁾ dan I Made Ardantha¹⁾

1) Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Denpasar, Bali

pandu.rusmana@gmail.com

ABSTRACT

The existing building which consists of three floors, if another three floors are added will result in the existing structure not being able to withstand the working load due to the increase so that the structural reinforcement is needed. Structural reinforcement that is easily applied to reinforced concrete structures, one of which is FRP (fiber reinforcement polymer) which has a tensile strength of 7-10 higher than the tensile strength of reinforcing steel. In the structure of the Petang Sub-district Head Office after three floors of increment there are several structural components that are not strong enough to withstand additional loads, namely Beams B1 and B1A on the pedestal which is 26 and 49 frames. The K1 column structure due to the addition of the floor also experiences inability to withstand loads of as many as 45 frames. Beams B1, B1A, and column K1 performed structural reinforcement with FRP (fiber reinforcement polymer) with the following dimensions: Beams B1 and B1A reinforced with FRP tensile strength of 3400 MPa, FRP thickness of 1 mm, FRP width of 100 mm and used is one layer of FRP. The K1 column was strengthened with FRP tensile strength of 2100 MPa, FRP thickness of 0.5 mm, FRP width of 100 mm and the number of FRP used was 1 coil.

Keywords: structure, strengthening, FRP

ABSTRAK

Bangunan eksisting yang terdiri dari tiga lantai, jika dilakukan pertambahan lagi tiga lantai akan mengakibatkan struktur eksisting tidak bisa menahan beban yang bekerja akibat pertambahan tersebut sehingga dibutuhkan perkuatan struktur. Perkuatan struktur yang mudah diaplikasikan pada struktur beton bertulang salah satunya adalah FRP (Fiber Reinforcement Polymer) yang mempunyai kuat tarik 7-10 lebih tinggi dari kuat tarik baja tulangan. Pada struktur kantor Camat Petang setelah pertambahan tiga lantai ada beberapa komponen struktur yang tidak kuat menahan beban tambahan yaitu Balok B1 dan B1A pada tumpuan yang jumlahnya 26 batang dan 49 batang. Struktur kolom K1 akibat pertambahan lantai juga mengalami ketidakmampuan dalam menahan beban yaitu sebanyak 45 batang. Balok B1, B1A, dan Kolom K1 dilakukannya perkuatan struktur dengan FRP (fiber reinforcement polymer) dengan dimensi sebagai berikut: Balok B1 dan B1A diperkuat dengan FRP kuat tarik sebesar 3400 MPa, tebal FRP sebesar 1 mm, lebar FRP yaitu 100 mm dan jumlah FRP yang digunakan yaitu 1 lapis. Kolom K1 diperkuat dengan FRP kuat tarik sebesar 2100 MPa, tebal FRP sebesar 0.5 mm, lebar FRP yaitu 100 mm dan jumlah FRP yang digunakan yaitu 1 lilitan.

Kata kunci: struktur, perkuatan, FRP

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur gedung kantor Camat Petang yaitu terdiri dari, *base structure* (pondasi), *super structure* (portal), dan *upper structure* (atap). Gedung kantor Camat Petang terdiri dari 3 lantai pada gambar rencana. Pada perencanaan ini gedung kantor Camat Petang yang akan dibuat adalah penambahan lantai gedung menjadi 6 lantai dan tetap menggunakan struktur beton bertulang. Lantai yang akan ditambah direncanakan memiliki posisi kolom dan balok yang sama dengan lantai 2.

Pertambahan 3 lantai pada bangunan eksisting bisa menyebabkan ketidakmampuan kekuatan struktur eksisting menahan 3 lantai tambahan sehingga perlu dilakukannya perkuatan struktur yaitu dengan *Fiber Reinforced Polymers (FRP)*. *Fiber Reinforced Polymers (FRP)* digunakan karena mempunyai kuat tarik yang tinggi, ringan, dan tidak cepat karat.

1.2 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan perkuatan struktur dengan *fiber reinforced polymers* pada Gedung Kantor Camat Petang terhadap penambahan lantai.

1.3 Manfaat Perencanaan

Adapaun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai referensi dalam merencanakan perkuatan struktur dengan *fiber reinforced polymers* pada bangunan gedung bagi pembaca.

2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Perkuatan Struktur

Perkuatan struktur biasanya dilakukan sebagai upaya pencegahan sebelum struktur mengalami kerusakan atau 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 (Triwiyono, 2001).

2.2 Perkuatan Struktur dengan FRP

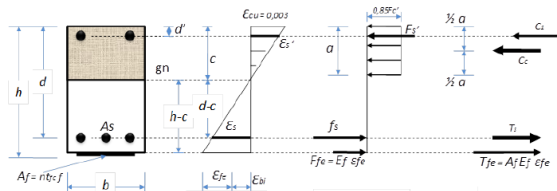
Perkuatan FRP pada beton dilakukan dengan cara menempelkannya pada permukaan beton dengan menggunakan perekat *epoxy*. FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) merupakan bahan yang ringan, kuat dan tahan terhadap korosi. FRP cukup mudah diaplikasikan pada beton bertulang dan terbukti ekonomis digunakan sebagai material untuk memperbaiki dan meningkatkan ketahanan struktur balok dan

kolom. Secara umum, bahan serat yang digunakan pada FRP ada 3 jenis serat yaitu *carbon*, *aramid* dan *glass*. Ada beberapa faktor kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan FRP (Hartono dan Sentosa 2003 dalam Christiawan, 2009).

2.3 FRP Pada Balok

2.3.1 Momen balok

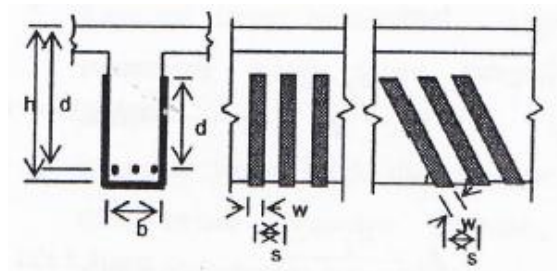
$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s \left(d - d' \right) + \psi_f A_f f_{fe} \left(h - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(1)$$



Gambar 1. Diagram Regangan Tegangan FRP Balok
(Sumber: Christiawan, 2009)

2.3.2 Geser balok

$$\phi V_n = \phi (V_c + V_s + \psi V_f) \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 2. Perkuatan Geser dengan FRP Tiga Sisi
(Sumber: Christiawan, Triwiyono, & Christady, 2008)

2.4 FRP Pada Kolom

Kapasitas aksial nominal maksimum kolom nonslender perkuatan FRP dengan pengekanan tied adalah (Achmad, 2012):

$$P_{n(maks)} = 0,80[0,85\psi_f f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- A_g = luas bruto beton
- A_{st} = luasan tulangan memanjang baja
- f_y = tegangan leleh baja longitudinal
- ψ_f = faktor reduksi FRP
- f'_c = kuat tekan beton terkekang

2.5 Pedoman Perencanaan Struktur

Dalam perencanaan perkuatan struktur gedung, pedoman yang digunakan sebagai acuan adalah:

1. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2012).
2. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013).
3. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013).

2.6 Konsep Pembebanan Struktur

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Hal penting yang mendasar adalah pemisahan antara

beban-beban yang bekerja. Beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup, beban angin, beban hujan dan beban gempa.

2.6.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (Anonim, 2013).

2.6.2 Beban Hidup

Beban hidup beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup pada struktur utama yaitu beban merata dan terpusat (Anonim, 2013).

2.6.3 Beban Angin

Beban angin mengacu pada SNI 1727:2013 disesuaikan dengan lokasi perencanaan.

2.6.4 Beban Air Hujan

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari

semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya (Anonim, 2013). Beban air hujan berdasarkan SNI 1727:2013, diperoleh dari rumus:

$$R = 0,0098. (ds + dh) \dots \dots \dots (4)$$

2.6.5 Beban Gempa

Beban gempa menggunakan peraturan SNI 1726:2012 dan disesuaikan dengan lokasi perencanaan. (Anonim, 2012)

2.7 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan struktur beton adalah (Anonim, 2013):

$$1.4D \dots \dots \dots (5)$$

$$1.2D + 1.6L + 0.5 (L_r \text{ atau } R) \dots \dots (6)$$

$$1.2D + 1.6 (L_r \text{ atau } R) + (1.0L \text{ atau } 0.5W) \dots \dots \dots (7)$$

$$1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5 (L_r \text{ atau } R) \dots \dots \dots (8)$$

$$((1.2+0.2(S_{DS}))D + 1.3E + 1.0L \dots (9)$$

$$0.9D + 1.0W \dots \dots \dots (10)$$

$$((0.9-0.2(S_{DS}))D + 1.3E \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan:

D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen.

L = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

L_r = beban hidup atap

E = beban gempa

W = beban angin

R = beban hujan

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain.

2.8 Struktur Balok

2.8.1 Momen balok

$$M_n = M_{nc} + M_{ns} \dots\dots\dots(12)$$

$$M_{nc} = C_c \cdot \left(d - \frac{d'}{2} \right) \dots\dots\dots(13)$$

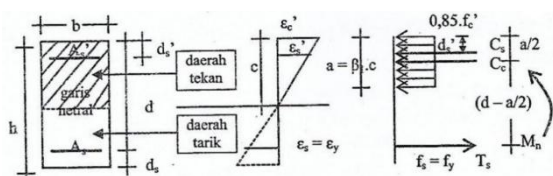
dengan $C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$

$$M_{ns} = C_s \cdot (d - d') \dots\dots\dots(14)$$

dengan $C_s = A_s' \cdot f_s'$

$$M_r = \phi \cdot M_n \dots\dots\dots(15)$$

dengan syarat: $M_r \geq M_u$



Gambar 3. Diagram Regangan Tegangan Balok

2.8.2 Geser balok

Gaya geser rencana, gaya geser nominal, gaya geser yang ditahan oleh beton dan sengkang dirumuskan sebagai berikut (Anonim, 2013):

$$\phi \cdot V_n \geq V_u \dots\dots\dots(16)$$

3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan desain perkuatan struktur gedung Kantor Camat Petang terletak di Jalan I Gusti Ngurah Rai No.184, Petang, Badung, Kabupaten Badung, Bali.

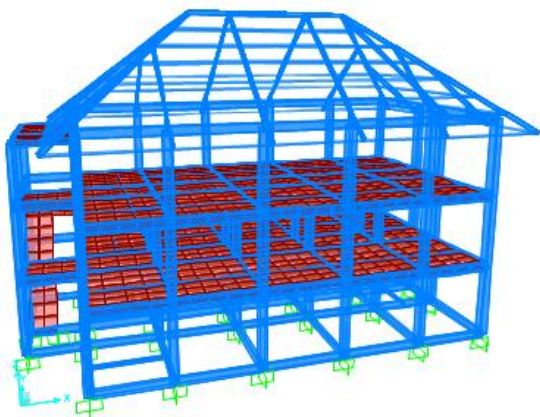
3.2 Data Perencanaan

Untuk mendapatkan hasil yang baik perlu didukung dengan adanya data yang akurat, dimana data tersebut nantinya akan digunakan untuk merencanakan desain perkuatan struktur sebuah gedung perkantoran, adapun data yang dipakai adalah data sekunder yaitu data gambar dan data tanah.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Struktur Gedung Menggunakan SAP 2000

Struktur eksisting bangunan Gedung Kantor Camat Petang terdiri dari 3 lantai dengan panjang bangunan 24.50 meter dan tinggi bangunan 12.50 meter



Gambar 4. Model Gedung di SAP 2000

4.2 Perhitungan Pembebanan

4.2.1 Beban Mati

1. Rangka atap adalah sebesar 99 kg/m².
2. Beban mati pada pelat lantai sebesar 158 kg/m².
3. Beban tembok ruangan adalah 2779.5 kg/m dan beban tembok atas dak adalah 2.805 kN/m.

4.2.2 Beban Hidup

1. Beban hidup pada atap, Beban terpusat 133 kg.
2. Beban hidup pada pelat lantai, Beban merata pada Koridor lantai 1, Tangga, Ruang pertemuan, Ruang arsip, dan Ruang makan sebesar 479 kg/m². Ruang kantor dan Kamar mandi sebesar 240 kg/m² dan 192 kg/m².

4.2.3 Beban Hujan

Beban hujan yang terjadi pada rangka struktur sebesar 0.0273 kg/m².

4.2.4 Beban Angin

Beban angin yang terjadi berdasarkan kecepatan angin rata-rata diwilayah Badung adalah 5.3 m/s.

4.2.5 Beban Gempa

Beban gempa adalah hasil analisa input koefisien faktor keutamaan gempa (I_e) = 1.5, S_s Badung= 1.0, S_1 Badung 0.4, Kelas lokasi SD.

4.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan struktur beton adalah SNI 2847: 2013.

4.4 Analisa Struktur Bangunan Eksisting

4.4.1 Analisis balok

Tabel 1. Analisis Balok Lapangan Eksisting

Nama	Mu	Mr	$\frac{Mu}{Mr} \leq 1$	Keterangan
B1	99.60	285.95	Oke	Tidak diperkuat
B1A	130.99	267.53	Oke	Tidak diperkuat
B2	21.92	88.14	Oke	Tidak diperkuat
RB1	41.70	199.75	Oke	Tidak diperkuat
RB2	29.06	88.14	Oke	Tidak diperkuat
S1	25.22	121.33	Oke	Tidak diperkuat
S2	4.46	71.55	Oke	Tidak diperkuat

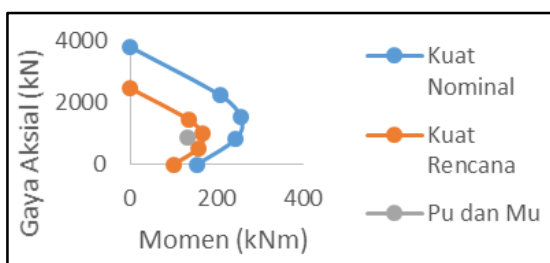
Tabel 2. Analisis Balok Tumpuan Eksisting

Nama	Mu	Mr	$\frac{Mu}{Mr} \leq$	Keterangan
B1	133.75	199.11	Oke	Tidak diperkuat
B1A	167.92	180.69	Oke	Tidak diperkuat
B2	26.67	70.67	Oke	Tidak diperkuat
RB1	66.95	132.30	Oke	Tidak diperkuat
RB2	31.11	70.67	Oke	Tidak diperkuat
S1	54.41	121.32	Oke	Tidak diperkuat
S2	5.46	71.55	Oke	Tidak diperkuat

Tabel 3. Analisis Geser Balok Eksisting

Nama	Vu	ϕVn	$\frac{Vu}{\phi Vn} \leq$	Keterangan
B1	133.75	269.77	Oke	Tidak diperkuat
B1A	144.73	269.77	Oke	Tidak diperkuat
B2	39.36	134.98	Oke	Tidak diperkuat
RB1	56.54	234.77	Oke	Tidak diperkuat
RB2	29.79	134.98	Oke	Tidak diperkuat
S1	68.63	151.92	Oke	Tidak diperkuat
S2	16.55	109.00	Oke	Tidak diperkuat

4.4.2 Analisis kolom

**Gambar 5. Diagram Interaksi Kolom Eksisting**

Kolom K1 eksisting berada di dalam diagram rencana pada interaksi kolom berarti kolom eksisting masih mampu menahan beban yang bekerja.

4.5 Analisa Struktur Bangunan Eksisting Dengan Tambahan lantai

4.5.1 Analisis balok

Tabel 4. Analisis Balok Lapangan Tambahan Lantai

Nama	Mu	Mr	$\frac{Mu}{Mr} \leq$	Keterangan
B1	188.41	285.95	Oke	Tidak diperkuat
B1A	228.95	267.53	Oke	Tidak diperkuat
B2	23.34	88.14	Oke	Tidak diperkuat
RB1	32.30	199.75	Oke	Tidak diperkuat
RB2	27.22	88.14	Oke	Tidak diperkuat
S1	25.22	121.33	Oke	Tidak diperkuat
S2	4.46	71.55	Oke	Tidak diperkuat

Tabel 5. Analisis Balok Tumpuan Tambahan Lantai

Nama	Mu	Mr	$\frac{Mu}{Mr} \leq$	Keterangan
B1	271.05	199.11	Tidak	Perlu perkuatan
B1A	266.66	180.69	Tidak	Perlu perkuatan
B2	28.99	70.67	Oke	Tidak diperkuat
RB1	59.71	132.30	Oke	Tidak diperkuat
RB2	29.86	70.67	Oke	Tidak diperkuat
S1	54.41	121.32	Oke	Tidak diperkuat
S2	5.46	71.55	Oke	Tidak diperkuat

Dari hasil analisis momen tumpuan diketahui bahwa jenis balok B1 dan B1A perlu perkuatan adalah sebanyak 26 batang dan 49 batang. Berikut adalah analisis geser balok akibat penambahan lantai.

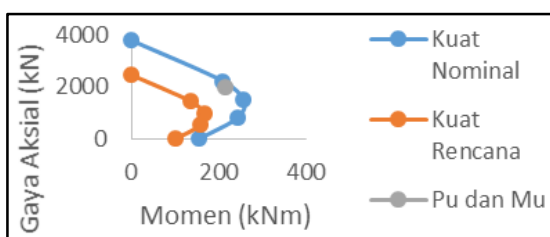
Tabel 6. Hasil Analisis Geser Balok

Nama	Vu	ϕV_n	$\frac{V_u \leq \phi V_n}{\phi V_n}$	Keterangan
B1	165.72	269.77	Oke	Tidak diperkuat
B1A	223.52	269.77	Oke	Tidak diperkuat
B2	39.36	134.98	Oke	Tidak diperkuat
RB1	36.37	234.77	Oke	Tidak diperkuat
RB2	26.32	134.98	Oke	Tidak diperkuat
S1	68.63	151.92	Oke	Tidak diperkuat
S2	16.55	109.00	Oke	Tidak diperkuat

4.5.2 Analisis kolom

Tabel 7. Hasil Analisis Kolom

	Momen nominal kNm	Gaya aksial nominal kN	Momen rencana kNm	Gaya aksial rencana kN
Po	0	3794.20	0	2466.23
c > cb	210.17	2225.06	136.61	1446.29
cb	256.98	1517.84	167.04	986.60
c < cb	244.66	830.86	159.03	540.06
P=0	154.30	0	100.29	0



Gambar 6. Diagram Interaksi Kolom

Kolom K1 setelah penambahan lantai berada di luar diagram rencana pada interaksi kolom berarti kolom K1 perlu perkuatan. Jumlah kolom K1 yang perlu perkuatan sebanyak 45 batang.

Tabel 8. Kolom K1 yang Perlu Perkuatan

No Frame	Pu (kN)	Mu (kNm)	Keterangan
51	940.76	191.75	Perlu perkuatan
53	999.33	174.31	Perlu perkuatan
59	981.37	165.98	Tidak diperkuat
60	956.11	173.66	Perlu perkuatan
218	1089.00	183.23	Perlu perkuatan
219	1584.25	210.30	Perlu perkuatan
220	1737.26	201.31	Perlu perkuatan
221	1514.67	199.05	Perlu perkuatan
222	1544.07	198.18	Perlu perkuatan
223	1564.23	203.16	Perlu perkuatan
224	1413.98	186.73	Perlu perkuatan
225	2002.13	178.37	Perlu perkuatan
226	2005.10	200.98	Perlu perkuatan
227	1685.05	194.96	Perlu perkuatan
228	1519.65	193.70	Perlu perkuatan

4.6 Analisis Perkuatan Struktur

4.6.1 Analisis balok

Analisis perkuatan tumpuan balok B1 dan B1A menggunakan FRP jenis *carbon* (12K UD) dengan kuat tarik sebesar 3400 MPa, tebal FRP sebesar 1 mm, lebar FRP yaitu 100 mm dan jumlah FRP yang

digunakan yaitu 1 lapis. Berikut di bawah adalah kontrol momen setelah perkuatan yang ditabelkan.

Tabel 9. Analisis Perkuatan Balok

Nama	Mu	Mr	Mu ≤ Mr	Keterangan
B1	271.05	778.46	Oke	Aman
B1A	266.66	776.31	Oke	Aman

4.6.2 Analisis kolom

Analisis kolom K1 menggunakan perkuatan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) jenis *carbon (Ultra high-modulus)* dengan kuat tarik sebesar 2100 MPa, tebal FRP sebesar 0.5 mm, lebar FRP yaitu 100 mm dan jumlah FRP yang digunakan yaitu 1 lilitan. Diketahui kolom K1 setelah perkuatan mampu menahan beban-beban yang bekerja.

Tabel 10. Analisis Kolom K1 Setelah Perkuatan

No Batang	Pu (kN)	Mu (kNm)	Pn (kN)	Mr (kNm)	Pn & Mr
51	940.76	191.75	19426.00	350.79	(ok)
53	999.33	174.31	19426.00	350.79	(ok)
60	956.11	173.66	19426.00	350.79	(ok)
218	1089.00	183.23	19426.00	350.79	(ok)
219	1584.25	210.30	19426.00	350.79	(ok)
220	1737.26	201.31	19426.00	350.79	(ok)
221	1514.67	199.05	19426.00	350.79	(ok)
222	1544.07	198.18	19426.00	350.79	(ok)
223	1564.23	203.16	19426.00	350.79	(ok)
224	1413.98	186.73	19426.00	350.79	(ok)
225	2002.13	178.37	19426.00	350.79	(ok)
226	2005.10	200.98	19426.00	350.79	(ok)
227	1685.05	194.96	19426.00	350.79	(ok)
228	1519.65	193.70	19426.00	350.79	(ok)

No Batang	Pu (kN)	Mu (kNm)	Pn (kN)	Mr (kNm)	Pn & Mr
229	1542.28	193.70	19426.00	350.79	(ok)
230	1549.43	197.80	19426.00	350.79	(ok)
231	1425.08	182.03	19426.00	350.79	(ok)
234	1489.70	185.05	19426.00	350.79	(ok)
235	1466.70	183.13	19426.00	350.79	(ok)
236	1493.05	182.84	19426.00	350.79	(ok)
237	1481.27	187.35	19426.00	350.79	(ok)
238	1255.62	170.61	19426.00	350.79	(ok)
246	1276.98	209.07	19426.00	350.79	(ok)
247	1376.83	184.00	19426.00	350.79	(ok)
249	1158.75	167.83	19426.00	350.79	(ok)
250	1168.27	181.11	19426.00	350.79	(ok)
253	1465.35	189.07	19426.00	350.79	(ok)
254	1318.92	181.86	19426.00	350.79	(ok)
255	1140.67	164.93	19426.00	350.79	(ok)
257	1156.67	176.39	19426.00	350.79	(ok)
264	1176.48	163.76	19426.00	350.79	(ok)
393	1375.51	198.91	19426.00	350.79	(ok)
394	1676.24	216.69	19426.00	350.79	(ok)
395	1620.11	211.82	19426.00	350.79	(ok)
396	1650.99	212.13	19426.00	350.79	(ok)
397	1643.50	214.59	19426.00	350.79	(ok)
398	1319.37	194.42	19426.00	350.79	(ok)
401	1356.57	183.44	19426.00	350.79	(ok)
402	1295.21	173.77	19426.00	350.79	(ok)
403	1318.97	174.40	19426.00	350.79	(ok)
404	1299.45	185.79	19426.00	350.79	(ok)
654	1279.78	188.96	19426.00	350.79	(ok)
656	1373.15	164.33	19426.00	350.79	(ok)
657	1323.25	172.67	19426.00	350.79	(ok)
661	1061.56	187.16	19426.00	350.79	(ok)

4.6.3 Analisis pondasi bor pile

Pertambahan gedung kantor dari 3 lantai menjadi 6 lantai menyebabkan pondasi eksisting bor pile yang jumlahnya 2 tiang tidak mampu menahan beban yang bekerja sehingga perlu penambahan tiang bor pile. Jumlah tiang yang di pelukan

untuk menahan beban yaitu sebanyak 4 tiang. Berikut hasil analisis kelompok tiang yang ditabelkan di bawah:

Tabel 11. Analisis Bore Pile

No Joint	P	Dk	Dk > P
2	836.367	2070.08	(ok)
3	1756.43	2070.08	(ok)
5	1239.01	2070.08	(ok)
6	1567.13	2070.08	(ok)
8	1429.09	2070.08	(ok)
9	1386.12	2070.08	(ok)
11	1303.14	2070.08	(ok)
12	1327.64	2070.08	(ok)
14	1304.54	2070.08	(ok)
15	1323.96	2070.08	(ok)
17	1317.01	2070.08	(ok)
18	1328.16	2070.08	(ok)
20	1167.85	2070.08	(ok)
21	1176.90	2070.08	(ok)
22	1007.38	2070.08	(ok)
23	1093.11	2070.08	(ok)
24	1212.23	2070.08	(ok)
25	1233.67	2070.08	(ok)
26	1254.72	2070.08	(ok)
27	1237.93	2070.08	(ok)
28	1016.29	2070.08	(ok)
176	206.87	2070.08	(ok)
235	1050.89	2070.08	(ok)
237	1313.40	2070.08	(ok)
239	1323.26	2070.08	(ok)
241	1347.99	2070.08	(ok)
243	1336.64	2070.08	(ok)
245	1063.85	2070.08	(ok)

4.6.4 Analisis pile cap

Pile cap yang digunakan dalam perkuatan pondasi memiliki dimensi:

Panjang : 2.5 m

Lebar : 2 m

Tebal : 0.5 m

Dengan tulangan utama D16 dengan jarak arah x 104mm (dipasang 24 buah),

arah y 103mm (dipasang 19 buah) dan tulangan atas D16 dengan jarak arah x 216mm (dipasang 12 buah), arah y 286mm (dipasang 8 buah).

5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil evaluasi Perencanaan Perkuatan Struktur Gedung Kantor Camat Petang Akibat Penambahan Lantai Dengan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) disimpulkan sebagai berikut:

1. Struktur eksisting gedung Kantor Camat Petang yang terdiri dari 3 lantai dengan jenis balok yaitu: balok B1 (250 x 400), B1A (250 x 400), B2 (200 x 300), RB1 (250 x 400), RB2 (200 x 300), S1 (200 x 400), S2 (200 x 300), dan jenis kolom yaitu: kolom K1 (400 x 400). Diketahui semua *type* balok dan *type* kolom mampu menahan beban-beban yang bekerja pada gedung exsisting.
2. Pertambahan 3 lantai gedung eksisting dari 3 lantai menjadi 6 lantai menyebabkan balok tumpuan B1, B1A dan kolom K1 tidak mampu menahan beban-beban yang bekerja akibat penambahan 3 lantai sehingga dilakukan perkuatan. Jumlah

balok dan kolom yang diperkuat berdasarkan *type* yaitu, balok B1 sebanyak 26 batang, balok B1A sebanyak 49 batang dan kolom K1 sebanyak 45 batang.

3. Analisis kekuatan struktur balok dan kolom adalah:

- a. Balok tumpuan B1 dan B1A menggunakan kekuatan FRP jenis *carbon* (12K UD) dengan kuat tarik sebesar 3400 MPa, tebal FRP sebesar 1 mm, lebar FRP yaitu 100 mm dan jumlah FRP yang digunakan yaitu 1 lapis. Sebanyak 26 frame balok B1 dan 49 batang balok B1A setelah kekuatan balok mampu menahan beban-beban akibat tambahan 3 lantai.
- b. Kolom K1 menggunakan kekuatan FRP jenis *carbon* (*Ultra high-modulus*) dengan kuat tarik sebesar 2100 MPa, tebal FRP sebesar 0.5 mm, lebar FRP yaitu 100 mm dan jumlah FRP yang digunakan yaitu 1 lilitan. Sebanyak 45 batang kolom K1 setelah kekuatan kolom mampu menahan beban-beban akibat tambahan 3 lantai.

4. Hasil perhitungan penambahan pondasi *bore pile* dengan kontrol ($D_t > P_u$ 1756.43 kN > 2070.08 kN) didapatkan tambahan 4 tiang *bore pile* dengan dimensi (350 mm) dan kedalam tiang yang sama seperti pondasi *bore pile existing*.
5. Hasil perhitungan penambahan *pile cap*, diketahui kontrol *pile cap*:
 - a. Kontrol geser akibat kolom ($P_u \leq \phi V_c$, 2402.00 kN \leq 2443.67 kN).
 - b. Kontrol geser akibat tiang ($P_{maks} \leq \phi V_c$, 400.31 kN \leq 1166.01 kN).

Dari hasil kontrol penambahan *pile cap* didapatkan hasil dimensi *pile cap* 2500 x 2000 x 500 mm, dipakai tulangan utama arah x dengan diameter D16 dipasang 24 buah dengan jarak tulangan (104 mm) dan arah y dipasang 19 buah dengan jarak tulangan (103 mm). Dan tulangan atas arah x dengan diameter D16 dipasang 12 buah dengan jarak tulangan (216 mm) dan arah y dipasang 8 buah dengan jarak tulangan (286 mm).

5.2 Saran

Dalam perencanaan perkuatan struktur perlunya analisa dan perhitungan yang lebih mendalam guna menghasilkan perencanaan perkuatan yang lebih ekonomis.

6 DAFTAR PUSTAKA

Achmad, K. (2012). Peningkatan Kekuatan Akibat Beban Siklik pada Kolom Beton Bertulang Persegi dengan Pengekangan Eksternal FRP. *Laporan Jurnal*.

Anonim. (2012). *SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Anonim. (2013). *SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Anonim. (2013). *SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Christiawan, I. (2009). Perkuatan (Strengthening) Struktur Beton dengan Fiber Reinforced Polimer (FRP). *METANA*, 25-34.

Christiawan, I., Triwiyono, A., & Christady, H. (2008). Evaluasi

Kinerja dan Perkuatan Struktur Gedung Guna Alih Fungsi Bangunan (Studi Kasus: Perubahan Fungsi Ruang Kelas Menjadi Ruang Perpustakaan Pada Lantai II Gedung G Universitas Semarang). *Forum Teknik Sipil*, No. XVIII, 725-738.

Triwiyono, A. (2001). *Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton: Bahan Ajar Spesial Topic Minat Studi Teknik Struktur*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Sipil Program Pasca Sarjana UGM.