

Analisa Momen Struktur Kolom dengan Metode *Takabeya* pada Bangunan Gedung Kecamatan Cikembar Kabupaten Sukabumi

Ega Maya Sofa¹⁾, Hari Wibowo²⁾, Dewi Ayu Sofia³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Politeknik Sukabumi

Email : egamayasofa15@gmail.com

²⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil Politeknik Sukabumi

Email : dedit.bowohari@gmail.com

³⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil Politeknik Sukabumi

Email : dewiayusofia@gmail.com

Abstrak

Pada perencanaan bangunan bertingkat termasuk pada Bangunan Gedung Kecamatan Cikembar Kabupaten Sukabumi, kolom merupakan salah satu elemen penting. Hal ini dikarenakan ketika terjadi kegagalan pada kolom, maka akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang saling berhubungan pada suatu bangunan. Untuk menghasilkan struktur kolom yang kuat, digunakan Metode *Takabeya* untuk mengetahui momen maksimum yang terjadi pada bangunan tersebut sehingga akan mempengaruhi penulangan yang mampu menahan beban namun tetap ekonomis.

Kata Kunci : Kolom, Metode *Takabeya*

I. PENDAHULUAN

Pada perencanaan bangunan bertingkat termasuk pada bangunan Gedung Kecamatan Cikembar Kabupaten Sukabumi, kolom merupakan salah satu elemen penting. Hal ini dikarenakan ketika terjadi kegagalan pada kolom, maka akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang saling berhubungan pada suatu bangunan. Pembebanan yang terjadi pada kolom perlu diperhitungkan secara teliti, sehingga didapat dimensi dan penulangan yang menghasilkan struktur kolom yang kuat.

Studi mengenai perhitungan kolom pada konstruksi portal telah dilakukan sebelumnya, dari beberapa penelitian tersebut didapat kesimpulan, dalam melakukan perhitungan konstruksi portal bisa dilakukan dengan dua metode yaitu *Takabeya* dan *Cross*. Namun untuk suatu perhitungan portal bertingkat banyak, metode *Cross* kurang efektif digunakan karena perhitungan harus dilakukan pada masing-masing tingkat.

Maka dari itu, untuk perhitungan kolom metode yang digunakan adalah metode *Takabeya* dengan perhitungan konstruksi portal yang lebih sederhana dan efektif dilakukan. Selain itu, digunakan metode SAP 2000 dimana metode

tersebut berupa program aplikasi komputer. Perhitungan yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan dimensi dan penulangan yang sesuai dan mampu dalam menahan beban.

II. METODE PENELITIAN

A. Data Teknis Objek Kajian

Sesuai dengan judul, objek kajian pada penelitian ini adalah struktur portal pada Bangunan Gedung Kecamatan Cikembar Kabupaten Sukabumi dengan konstruksi beton bertulang setinggi 2 lantai. Pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi, kolom merupakan elemen struktur yang harus diperhitungkan perencanaannya. Dalam pengerjaannya, dibutuhkan data terhadap objek kajian yang dibahas diantaranya :

1. Tipe Bangunan : Gedung Kecamatan (2 lantai)
2. Lokasi Bangunan : Cikembar, Kabupaten Sukabumi
3. Zona Gempa : Wilayah 4 (Sukabumi)
4. Lebar Bangunan : 23 meter
5. Panjang Bangunan : 30 meter
6. Tinggi Bangunan : 11,27 meter

7. Tinggi Perlantai : 3,65 meter (lantai 1),
3,30 meter (lantai 2)
8. Tinggi Atap : 4,32 meter (Baja Ringan)
9. Mutu Beton (f_c) : 18,68 MPa / K-225
10. Modulus Elastisitas (E): 200.000 Mpa
11. Dimensi Kolom K1 : 60 x 30 cm
12. Dimensi Kolom K2 : 30 x 30 cm
13. Dimensi Kolom K3 : 40 x 40 cm
14. Dimensi Kolom K4 : 15 x 25 cm
15. Dimensi Kolom K5 : 50 x 50 cm
16. Dimensi Kolom K6 : 22,5 x 30 cm
17. Dimensi Kolom K7 : 30 x 30 cm, 60 x 30cm
18. Dimensi Kolom KT1 : 205 x 15 cm
19. Dimensi Kolom KT2 : 20 x 30 cm
20. Dimensi Kolom KT3 : 20 x 60 cm
21. Dimensi Kolom KL : 10 x 20 cm
22. Dimensi Kolom KP : 12 x 15 cm

B. Analisis Dimensi

Dalam mendimensikan sloof, kolom, maupun balok, secara umum perhitungan yang dilakukan adalah mencari tinggi (h) dan lebar (b) dengan rumus sebagai berikut :

$$h = \frac{L}{10} L \text{ s. d. } \frac{L}{14} L \quad (1)$$

$$b = \frac{1}{2} h \text{ s. d. } \frac{2}{3} h \quad (2)$$

dimana : L = Bentang terpanjang plat (cm)
 h = Nilai tinggi balok (cm)

untuk menentukan dimensi kolom dapat digunakan persamaan :

$$b_{\text{balok}} = \text{nilai minimum } b_{\text{kolom}}$$

$$h_{\text{kolom}} = \frac{h + (b \times 2)}{2} \quad (3)$$

h tergantung jumlah lantai pada bangunan (1 s/d 5 lantai)

Selain menentukan dimensi kolom dan balok, perencanaan plat lantai dimulai dengan mencari ketebalan menggunakan persamaan berikut ini :

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} \quad (4)$$

$$h_{\min} = ly \frac{(0,85 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9\beta} \quad (5)$$

$$h_{\max} = ly \frac{(0,85 + \frac{fy}{1500})}{36} \quad (6)$$

$$h_{\text{rata}^2} = \frac{h_{\min} + h_{\max}}{2} \quad (7)$$

dimana : ly = Bentang terlebar (cm)
 lx = Bentang terpendek (cm)
 h_{\min} = Tinggi plat minimum (cm)
 h_{\max} = Tinggi plat maksimum (cm)
 h_{rata^2} = Tinggi plat rata-rata (cm)
 β = Nilai perbandingan bentang bersih

C. Analisis Pembebanan

Perhitungan pembebanan dilakukan sesuai dengan SKBI-1.3.53.1987. Beban yang dianalisis antara lain beban sendiri plat serta beban yang bekerja pada plat. Beban yang bekerja pada plat terdiri dari beban terbagi merata dengan jenis beban yang dihitung beban trapesium, baik hidup maupun mati serta beban terpusat dengan jenis pembebanan segitiga. Untuk menganalisis beban yang bekerja pada plat, maka digunakan metode amplop dengan persamaan berikut ini :

$$q_{\text{Trap}} = q \left(x - \frac{4}{3} \cdot \frac{x^3}{l^2} \right) \quad (8)$$

$$p = \frac{1}{3} \cdot q \cdot lx \quad (9)$$

D. Analisis Distribusi Gempa

Analisis distribusi beban gempa mengacu pada SK SNI 03-1726-2002. Dalam analisis ini, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung berat total bangunan (W_t) yang terdiri dari pondasi, lantai dasar, lantai 1, lantai 2, dan lantai 3. Setelah berat total diketahui, maka selanjutnya adalah menghitung gaya geser akibat gempa. Langkah-langkah perhitungan gaya geser akibat gempa adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan faktor keutamaan (I)

$$I = I_1 \times I_2 \quad (10)$$

Nilai I_1 dan I_2 diperoleh dari Tabel Faktor Keutamaan yang ada di SK SNI 03-1726-2002 berdasarkan kategori kegunaan gedung.

2. Penentuan nilai koefisien kegempaan (C)

$$C = \frac{0,8}{T} \quad (11)$$

Nilai T diambil dari Tabel Spektrum Gempa Rencana pada SK SNI 03-1726-2002. Pengambilan keputusan nilai T dipengaruhi oleh wilayah kegempaan dan kondisi tanah. Wilayah kegempaan juga telah diatur di SK SNI 03-1726-2002.

3. Perhitungan beban gempa nominal (V)

$$V = C \cdot \frac{I}{R} \cdot W_t \quad (12)$$

dimana R adalah faktor reduksi gempa. Nilai R diperoleh pada tabel di SK SNI 03-1726-2002.

4. Perhitungan distribusi gaya geser gempa tiap lantai (F)

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V \quad (13)$$

dimana h_i adalah tinggi lantai tingkat ke-i.

E. Analisis Struktur dengan Metode Takabeya

Menghitung momen-momen parsil dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Menetapkan angka-angka kekakuan pada balok dan kolom dengan menggunakan persamaan :

$$K = \frac{4EI}{L} \quad (14)$$

dengan syarat sudah diketahui nilai inerisa menggunakan persamaan :

$$I = \frac{1}{12}bh^3 \quad (15)$$

2. Menetapkan koefisien kekakuan akibat goyangan pada masing- masing tingkat, menggunakan persamaan :

$$T = \frac{3K}{T} \quad (16)$$

3. Mencari momen primer (M) menggunakan 2 persamaan untuk setiap masing-masing bentang :

$$M = \frac{ql^2}{12} \quad (17)$$

$$M = \frac{pl}{8} + \frac{ql^2}{12} \quad (18)$$

4. Mencari momen rotasi dan momen *displacement*

- a. Menetapkan harga τ dengan menggunakan persamaan :

$$\tau = M1+M2+\dots \quad (19)$$

- b. Menetapkan jumlah 2 kali angka kekakuan (ρ) menggunakan persamaan :

$$\rho = 2(K1+K2+\dots) \quad (20)$$

- c. Menetapkan koefisien kekakuan masing-masing batang (γ) menggunakan persamaan:

$$\gamma = \frac{K}{\rho} \quad (21)$$

- d. Menentukan momen-momen titik awal ($m^{(0)}$) menggunakan persamaan :

$$m^{(0)} = \frac{-\tau}{\rho} \quad (22)$$

- e. Menentukan momen ($\bar{m}^{(0)}$) menggunakan persamaan :

$$\bar{m}^{(0)} = \frac{-h(w_i)}{T} \quad (23)$$

- f. Pembesaran momen-momen parsil, dimulai dari pembesaran momen rotasi lebih dulu dalam satu langkah/putaran, kemudian pembesaran momen *displacement* pada langkah yang bersangkutan dengan momen rotasi, yang dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Langkah ke-1, pembesaran momen rotasi langkah ke-1, pembesaran momen *displacement* langkah ke-1.

- 2) Langkah ke-2, pembesaran momen rotasi langkah ke-2, pembesaran momen *displacement* langkah ke-2.

- 3) Langkah ke-n, pembesaran momen rotasi langkah ke-n, pembesaran momen *displacement* langkah ke-n.

Dengan catatan bahwa pada setiap pembesaran momen rotasi selalu diikuti sertakan harga-harga momen *displacement* dimana titik kumpul tersebut terletak. Setelah nilai momen rotasi dan momen *displacement* berada pada titik kaku. Perhitungan lain yang dilakukan adalah perhitungan momen *design* dengan menggunakan persamaan:

$$M = K \{2m^{(n)} + \bar{m}^{(n)}\} \quad (24)$$

Perhitungan selanjutnya yaitu koreksi momen :

$$M_{Koreksi} = M + \left\{ \frac{\gamma^{(n)}}{\gamma^{(n)} + \gamma^{(n)} + \gamma^{(n)}} \right\} \Delta M \quad (25)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Dimensi

Struktur yang dianalisis pada penelitian kali ini adalah kolom pada portal As-F. Hasil analisis dimensi struktur khususnya kolom dengan menggunakan Persamaan (1) sampai Persamaan (7), bisa disimpulkan bahwa dimensi rencana dapat digunakan karena sesuai dengan hasil analisis dimensi yang dilakukan.

B. Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan yang dilakukan pada sloof dihitung berdasarkan beban mati sendiri sesuai dengan dimensinya, beban total yang didapat setelah dilakukan penambahan beban akibat dinding. Pada analisis balok digunakan metode amplop dengan beban trapesium untuk beban merata dan beban segitiga untuk beban terpusat. Pada analisis pembebanan juga dilakukan perhitungan atap dengan tambahan beban akibat angin dan beban akibat hujan. Hasil analisis baik beban merata maupun terpusat dapat dilihat pada Gambar 1.

C. Analisis Distribusi Gempa

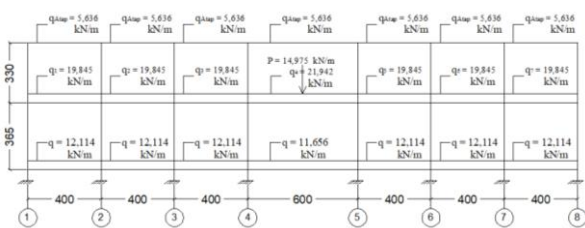
Hasil perhitungan analisis beban gempa dapat dilihat pada Tabel 1 dengan nilai $W_{(total)} = 1.404,799$ kN ; $T=1$; $C=0,85$; $I_1=1$; $I_2=1$; $R=3,5$ (berdasarkan system pemikul beban gempa jenis

SPRMB). Perhitungan gaya geser gempa dapat dilihat pada Tabel 1 dan pada Gambar 2 dapat dilihat hasil pemodelan pembebanan untuk setiap lantainya.

D. Analisis Metode Takabeya

Setelah diperoleh pemodelan struktur baik beban mati, beban hidup maupun beban gempa. Dilakukan perhitungan kolom dengan Metode Takabeya dengan hasil sebagai berikut :

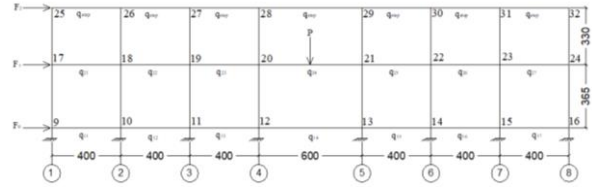
- 1) Hasil rekapitulasi angka kekakuan pada masing-masing balok dan kolom dapat dilihat pada Gambar 3.
- 2) Pada Tabel 2 merupakan hasil koefisien kekakuan akibat goyangan pada masing-masing tingkat.
- 3) Pemodelan momen primer dapat dilihat pada Gambar 4.
- 4) Hasil dari nilai τ dapat dilihat pada Tabel 3,
- 5) Hasil dari nilai ρ dapat dilihat pada Tabel 4..
- 6) Hasil dari nilai γ dapat dilihat pada Tabel 5.
- 7) Hasil dari nilai $(m^{(0)})$ dapat dilihat pada Tabel 6.
- 8) Hasil dari nilai $(\bar{m}^{(0)})$ dapat dilihat pada Tabel 7.
- 9) Hasil akhir dari perhitungan momen rotasi dan momen *displacement* dapat dilihat pada Tabel 8.
- 10) Hasil akhir dari perhitungan momen *Design* dapat dilihat pada Tabel 9.



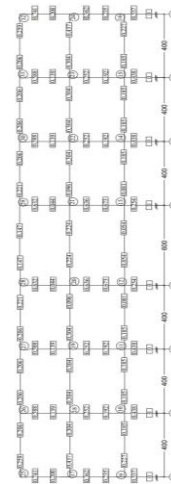
Gambar 1. Portal beban Kombinasi AS-F

Tabel 1. Perhitungan Gaya Geser Gempa

Lantai	H _i	V (kN)	W _i (kN)	W _L H _i	F _i (kN)	$\frac{1}{8} F_{ix}$ (kN)	$\frac{1}{4} F_{iy}$ (kN)
Pondasi	0	2,322	9,562	0	0	0	0
1	1,60	97,693	402,264	643,622	9,158	1,145	2,290
2	5,25	166,893	687,206	3.607,832	87,699	10,962	21,925
Atap	8,55	74,258	305,767	2.614,308	28,275	3,534	7,069
Total			1.404,799	6.865,762	125,133	15,642	31,283



Gambar 2. Portal Beban Gempa AS-F

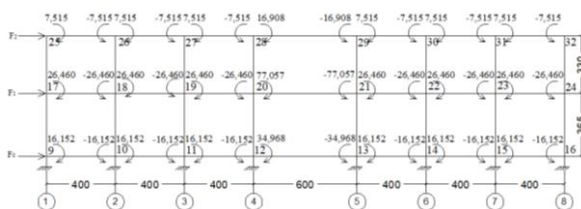


Gambar 3. Angka Kekakuan Portal AS-F

Tabel 2. Perhitungan Koefisien Kekakuan Akibat Goyangan

Kolom	K	$T = \frac{3K}{T}$
Lantai 0 / Pondasi		
1-9	0,000	0,000
2-10	0,000	0,000
3-11	0,000	0,000
4-12	0,000	0,000
5-13	0,000	0,000
6-14	0,000	0,000
7-15	0,000	0,000
8-16	0,000	0,000
T0	0,000	
Lantai 1		
9-17	0,235	0,061
9-1	0,537	0,139
10-18	0,192	0,050
10-2	0,438	0,113
11-19	0,192	0,050
11-3	0,438	0,113
12-20	0,673	0,174
12-4	0,192	0,050
13-21	0,673	0,174
13-5	0,192	0,050
14-22	0,192	0,050
14-6	0,438	0,113
15-23	0,192	0,050

15-7	0,438	0,113
16-24	0,235	0,061
16-8	0,537	0,139
T1	11,588	
Lantai 2		
17-25	0,200	0,052
17-9	0,362	0,094
18-26	0,139	0,036
18-10	0,252	0,065
19-27	0,139	0,036
19-11	0,252	0,065
20-28	0,044	0,011
20-12	0,636	0,165
21-29	0,044	0,011
21-13	0,636	0,165
22-30	0,139	0,036
22-14	0,252	0,065
23-31	0,139	0,036
23-15	0,252	0,065
24-32	0,200	0,052
24-16	0,362	0,094
T2	8,096	
Atap		
25-17	0,741	0,218
26-18	0,588	0,173
27-19	0,588	0,173
28-20	0,632	0,186
29-21	0,632	0,186
30-22	0,588	0,173
31-23	0,588	0,173
32-24	0,741	0,218
T3	10,196	



Gambar 4. Momen Primer

Tabel 3. Perhitungan τ

τ	M1+M2+...	kNm
1	0,000	0,000
2	0,000	0,000
3	0,000	0,000
4	0,000	0,000
5	0,000	0,000
6	0,000	0,000

7	0,000	0,000
8	0,000	0,000
9	0 + 16,152 + 0	16,152
10	0 + (-16,152) + 16,152 + 0	0,000
11	0 + (-16,152) + 16,152 + 0	0,000
12	0 + (-16,152) + 34,968 + 0	18,816
13	0 + (-34,968) + 16,152 + 0	-18,816
14	0 + (-16,152) + 16,152 + 0	0,000
15	0 + (-16,152) + 16,152 + 0	0,000
16	0 + (-16,152) + 0	-16,152
17	0 + 26,460 + 0	26,460
18	0 + (-26,460) + 26,460 + 0	0,000
19	0 + (-26,460) + 26,460 + 0	0,000
20	0 + (-26,460) + 77,057 + 0	50,597
21	0 + (-77,057) + 26,460 + 0	-50,597
22	0 + (-26,460) + 26,460 + 0	0,000
23	0 + (-26,460) + 26,460 + 0	0,000
24	0 + (-26,460) + 0	-26,460
25	0 + 7,515	7,515
26	0 + (-7,515) + 7,515	0,000
27	0 + (-7,515) + 7,515	0,000
28	0 + (-7,515) + 16,908	9,393
29	0 + (-16,908) + 7,515	-9,393
30	0 + (-7,515) + 7,515	0,000
31	0 + (-7,515) + 7,515	0,000
32	0 + (-7,515)	-7,515

Tabel 4. Perhitungan ρ

ρ	2(K1+K2+...	Nilai
1	2(0)	0
2	2(0)	0
3	2(0)	0
4	2(0)	0
5	2(0)	0
6	2(0)	0
7	2(0)	0

8	2(0)	0
9	2(0,537+0,227+0,235)	2
10	2(0,438+0,185+0,185+0,192)	2
11	2(0,438+0,185+0,185+0,192)	2
12	2(0,192+0,081+0,054+0,673)	2
13	2(0,192+0,081+0,054+0,673)	2
14	2(0,438+0,185+0,185+0,192)	2
15	2(0,438+0,185+0,185+0,192)	2
16	2(0,537+0,227+0,235)	2
17	2(0,362+0,437+0,200)	2
18	2(0,252+0,304+0,304+0,139)	2
19	2(0,252+0,304+0,304+0,139)	2
20	2(0,636+0,224+0,096+0,044)	2
21	2(0,636+0,224+0,096+0,044)	2
22	2(0,252+0,304+0,304+0,139)	2
23	2(0,252+0,304+0,304+0,139)	2
24	2(0,362+0,437+0,200)	2
25	2(0,741+0,259)	2
26	2(0,206+0,206+0,588)	2
27	2(0,206+0,206+0,588)	2
28	2(0,632+0,221+0,147)	2
29	2(0,632+0,221+0,147)	2
30	2(0,206+0,206+0,588)	2
31	2(0,206+0,206+0,588)	2
32	2(0,741+0,259)	2

10-2	10-2	0,438	10	2	0,219	0,5
10-9	10-9	0,185	10	2	0,093	
10-11	10-11	0,185	10	2	0,093	
10-18	10-18	0,192	10	2	0,096	
11-3	11-3	0,438	11	2	0,219	0,5
11-10	11-10	0,185	11	2	0,093	
11-12	11-12	0,185	11	2	0,093	
11-19	11-19	0,192	11	2	0,096	
12-4	12-4	0,192	12	2	0,096	0,5
12-11	12-11	0,081	12	2	0,041	
12-13	12-13	0,054	12	2	0,027	
12-20	12-20	0,673	12	2	0,337	
13-5	13-5	0,192	13	2	0,096	0,5
13-12	13-12	0,054	13	2	0,027	
13-14	13-14	0,081	13	2	0,041	
13-21	13-21	0,673	13	2	0,337	
14-6	14-6	0,438	14	2	0,219	0,5
14-13	14-13	0,185	14	2	0,093	
14-15	14-15	0,185	14	2	0,093	
14-22	14-22	0,192	14	2	0,096	
15-7	15-7	0,438	15	2	0,219	0,5
15-14	15-14	0,185	15	2	0,093	
15-16	15-16	0,185	15	2	0,093	
15-23	15-23	0,192	15	2	0,096	
16-8	16-8	0,537	16	2	0,269	0,5
16-15	16-15	0,227	16	2	0,114	
16-24	16-24	0,235	16	2	0,118	
Lantai 2						
17-9	17-9	0,362	17	2	0,181	0,5
17-18	17-18	0,437	17	2	0,219	
17-25	17-25	0,200	17	2	0,100	
18-10	18-10	0,252	18	2	0,126	0,5
18-17	18-17	0,304	18	2	0,152	
18-19	18-19	0,304	18	2	0,152	
18-26	18-26	0,139	18	2	0,070	
19-11	19-11	0,252	19	2	0,126	0,5
19-18	19-18	0,304	19	2	0,152	
19-20	19-20	0,304	19	2	0,152	
19-27	19-27	0,139	19	2	0,070	
20-12	20-12	0,636	20	2	0,318	0,5

Tabel 5. Perhitungan γ

Γ	K		ρ		$\gamma = \frac{K}{\rho}$	$\Sigma\gamma$
	Notasi	Nilai	Notasi	Nilai		
Pondasi						
1-9	1-9	0,000	1	0	0,000	0
2-10	2-10	0,000	2	0	0,000	0
3-11	3-11	0,000	3	0	0,000	0
4-12	4-12	0,000	4	0	0,000	0
5-13	5-13	0,000	5	0	0,000	0
6-14	6-14	0,000	6	0	0,000	0
7-15	7-15	0,000	7	0	0,000	0
8-16	8-16	0,000	8	0	0,000	0
Lantai 1						
9-1	9-1	0,537	9	2	0,269	0,5
9-10	9-10	0,227	9	2	0,114	
9-17	9-17	0,235	9	2	0,118	

Prosiding SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan)
Politeknik Sukabumi, 20 Oktober 2020

20-19	20-19	0,096	20	2	0,048	
20-21	20-21	0,224	20	2	0,112	
20-28	20-28	0,044	20	2	0,022	
21-13	21-13	0,636	21	2	0,318	0,5
21-20	21-20	0,224	21	2	0,112	
21-22	21-22	0,096	21	2	0,048	
21-29	21-29	0,044	21	2	0,022	0,5
22-14	22-14	0,252	22	2	0,126	
22-21	22-21	0,304	22	2	0,152	
22-23	22-23	0,304	22	2	0,152	0,5
22-30	22-30	0,139	22	2	0,070	
23-15	23-15	0,252	23	2	0,126	
23-22	23-22	0,304	23	2	0,152	0,5
23-24	23-24	0,304	23	2	0,152	
23-31	23-31	0,139	23	2	0,070	
24-16	24-16	0,362	24	2	0,181	0,5
24-23	24-23	0,437	24	2	0,219	
24-32	24-32	0,200	24	2	0,100	
Atap						
25-17	25-17	0,741	25	2	0,371	0,5
25-26	25-26	0,259	25	2	0,130	
26-18	26-18	0,588	26	2	0,294	0,5
26-25	26-25	0,206	26	2	0,103	
26-27	26-27	0,206	26	2	0,103	
27-19	27-19	0,588	27	2	0,294	0,5
27-26	27-26	0,206	27	2	0,103	
27-28	27-28	0,206	27	2	0,103	
28-20	28-20	0,632	28	2	0,316	0,5
28-27	28-27	0,221	28	2	0,111	
28-29	28-29	0,147	28	2	0,074	
29-21	29-21	0,632	29	2	0,316	0,5
29-28	29-30	0,147	29	2	0,074	
29-30	29-28	0,221	29	2	0,111	
30-22	30-22	0,588	30	2	0,294	0,5
30-29	30-29	0,206	30	2	0,103	
30-31	30-31	0,206	30	2	0,103	
31-23	31-23	0,588	31	2	0,294	0,5
31-30	31-30	0,206	31	2	0,103	
31-32	31-32	0,206	31	2	0,103	
32-24	32-24	0,741	32	2	0,371	0,5
32-31	32-31	0,259	32	2	0,130	

Tabel 6. Perhitungan ($m^{(0)}$)

$m^{(0)}$	τ		ρ		$\frac{-\tau}{\rho}$ KNm
	Simbol	Nilai	Simbol	Nilai	
Lantai 0					
$m_1^{(0)}$	τ_1	0,000	ρ_1	0	0,000
$m_2^{(0)}$	τ_2	0,000	ρ_2	0	0,000
$m_3^{(0)}$	τ_3	0,000	ρ_3	0	0,000
$m_4^{(0)}$	τ_4	0,000	ρ_4	0	0,000
$m_5^{(0)}$	τ_5	0,000	ρ_5	0	0,000
$m_6^{(0)}$	τ_6	0,000	ρ_6	0	0,000
$m_7^{(0)}$	τ_7	0,000	ρ_7	0	0,000
$m_8^{(0)}$	τ_8	0,000	ρ_8	0	0,000
Lantai 1					
$m_9^{(0)}$	τ_9	16,152	ρ_9	2	-8,076
$m_{10}^{(0)}$	τ_{10}	0,000	ρ_{10}	2	0,000
$m_{11}^{(0)}$	τ_{11}	0,000	ρ_{11}	2	0,000
$m_{12}^{(0)}$	τ_{12}	18,816	ρ_{12}	2	-9,408
$m_{13}^{(0)}$	τ_{13}	- 18,816	ρ_{13}	2	9,408
$m_{14}^{(0)}$	τ_{14}	0,000	ρ_{14}	2	0,000
$m_{15}^{(0)}$	τ_{15}	0,000	ρ_{15}	2	0,000
$m_{16}^{(0)}$	τ_{16}	- 16,152	ρ_{16}	2	8,076
Lantai 2					
$m_{17}^{(0)}$	τ_{17}	26,460	ρ_{17}	2	- 13,230
$m_{18}^{(0)}$	τ_{18}	0,000	ρ_{18}	2	0,000
$m_{19}^{(0)}$	τ_{19}	0,000	ρ_{19}	2	0,000
$m_{20}^{(0)}$	τ_{20}	50,597	ρ_{20}	2	- 25,299
$m_{21}^{(0)}$	τ_{21}	- 50,597	ρ_{21}	2	25,299
$m_{22}^{(0)}$	τ_{22}	0,000	ρ_{22}	2	0,000
$m_{23}^{(0)}$	τ_{23}	0,000	ρ_{23}	2	0,000
$m_{24}^{(0)}$	τ_{24}	- 26,460	ρ_{24}	2	13,230
Atap					
$m_{25}^{(0)}$	τ_{25}	7,515	ρ_{25}	2	-3,758
$m_{26}^{(0)}$	τ_{26}	0,000	ρ_{26}	2	0,000
$m_{27}^{(0)}$	τ_{27}	0,000	ρ_{27}	2	0,000

$m_{28}^{(0)}$	τ_{28}	9,393	ρ_{28}	2	-4,697
$m_{29}^{(0)}$	τ_{29}	-9,393	ρ_{29}	2	4,697
$m_{30}^{(0)}$	τ_{30}	0,000	ρ_{30}	2	0,000
$m_{31}^{(0)}$	τ_{31}	0,000	ρ_{31}	2	0,000
$m_{32}^{(0)}$	τ_{32}	-7,515	ρ_{32}	2	3,758

Tabel 7. Perhitungan ($\bar{m}^{(0)}$)

Ketinggian (H)		Beban Gempa (W)		Kekakuan (T)		$\bar{m}^{(0)} = \frac{-h(w_i)}{T}$	
Nilai (m)		Nilai (kN)		Nilai		Simbol	Nilai (kNm)
atap	8,55	W_3	7,608	T_3	10,196	$\bar{m}_{III}^{(0)}$	-5,928
H_2	5,25	W_2	22,172	T_2	8,096	$\bar{m}_{II}^{(0)}$	-14,218
H_1	1,60	W_1	1,435	T_1	11,588	$\bar{m}_I^{(0)}$	-0,316
H_0	0	W_0	0	T_0	0,000	$\bar{m}_0^{(0)}$	0,000

Pembesaran momen dilakukan dengan cara merotasi secara berulang hingga tercapai konvergensi. Rekapitulasi hasil dari pembesaran momen rotasi dan momen *displacement* dibuat dalam bentuk tabel berikut ini :

Tabel 8. Hasil Akhir Momen Rotasi dan Momen *Displacement*

$m_1^{(0)}$	0,000	$m_{17}^{(0)}$	17,452
$m_2^{(0)}$	0,000	$m_{18}^{(0)}$	1,873
$m_3^{(0)}$	0,000	$m_{19}^{(0)}$	-1,577
$m_4^{(0)}$	0,000	$m_{20}^{(0)}$	35,229
$m_5^{(0)}$	0,000	$m_{21}^{(0)}$	-22,742
$m_6^{(0)}$	0,000	$m_{22}^{(0)}$	7,270
$m_7^{(0)}$	0,000	$m_{23}^{(0)}$	4,181
$m_8^{(0)}$	0,000	$m_{24}^{(0)}$	-7,261
$m_9^{(0)}$	12,556	$m_{25}^{(0)}$	3,506
$m_{10}^{(0)}$	3,908	$m_{26}^{(0)}$	3,840
$m_{11}^{(0)}$	4,692	$m_{27}^{(0)}$	5,595
$m_{12}^{(0)}$	8,455	$m_{28}^{(0)}$	-1,924
$m_{13}^{(0)}$	9,201	$m_{29}^{(0)}$	8,125
$m_{14}^{(0)}$	3,671	$m_{30}^{(0)}$	2,008
$m_{15}^{(0)}$	5,020	$m_{31}^{(0)}$	3,356
$m_{16}^{(0)}$	-0,813	$m_{32}^{(0)}$	5,207
momen <i>displacement</i>			
$\bar{m}_0^{(0)}$	0,000	$\bar{m}_{II}^{(0)}$	-30,048
$\bar{m}_I^{(0)}$	-12,817	$\bar{m}_{III}^{(0)}$	-18,117

Tabel 9. Hasil Akhir Momen *Design*

Titik 9		Titik	
9-1	6,604	21-13	-42,193

9-10	-9,551	21-20	74,761
9-17	2,947	21-22	-30,129
ΔM	0,000	21-29	-2,439
		ΔM	0,000
Titik 10		Titik 22	
10-2	-2,188	22-14	-2,983
10-9	19,927	22-21	23,964
10-11	-13,834	22-23	-20,763
10-18	-3,905	22-30	-0,219
ΔM	0,000	ΔM	0,000
Titik 11		Titik 23	
11-3	-1,502	23-15	-4,200
11-10	18,615	23-22	31,217
11-12	-12,846	23-24	-26,125
11-19	-4,266	23-31	-0,892
ΔM	0,000	ΔM	0,000
Titik 12		Titik 24	
12-4	0,785	24-16	-16,440
12-11	17,907	24-23	21,936
12-13	-33,554	24-32	-5,496
12-20	14,862	ΔM	0,000
ΔM	0,000		
Titik 13		Titik 25	
13-5	1,071	25-17	4,701
13-12	36,423	25-26	-4,701
13-14	-14,359	ΔM	0,000
13-21	-23,135		
ΔM	0,000		
Titik 14		Titik 26	
14-6	-2,396	26-18	-5,037
14-13	19,217	26-25	9,818
14-15	-13,861	26-27	-4,781
14-22	-2,961	ΔM	0,000
ΔM	0,000		
Titik 15		Titik 27	
15-7	-1,215	27-19	-5,002
15-14	18,693	27-26	10,609
15-16	-14,442	27-28	-5,607
15-23	-3,036	ΔM	0,000
ΔM	0,000		
Titik 16		Titik 28	
16-8	-7,757	28-20	8,377
16-15	16,924	28-27	7,901
16-24	-9,167	28-29	-16,278
ΔM	0,000	ΔM	0,000
Titik 17		Titik 29	
17-9	6,308	29-21	-15,541
17-18	-10,373	29-28	19,019
17-25	4,065	29-30	-3,478
ΔM	0,000	ΔM	0,000
Titik 18		Titik 30	
18-10	-5,643	30-22	-4,018
18-17	32,911	30-29	10,015

18-19	-25,800	30-31	-5,997
18-26	-1,468	ΔM	0,000
ΔM	0,000		
Titik 19		Titik 31	
19-11	-7,185	31-23	-4,249
19-18	26,070	31-30	9,310
19-20	-16,700	31-32	-5,061
19-27	-2,185	ΔM	0,000
ΔM	0,000		
Titik 20		Titik 32	
20-12	31,082	32-24	-11,085
20-19	33,073	32-31	11,085
20-21	-66,372	ΔM	0,000
20-28	2,217		
ΔM	0,000		

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa momen terbesar yang terjadi pada Gedung kecamatan Cikembar Kabupaten Sukabumi terletak pada bentang 20-21 dengan nilai momen 77,057 tm. Selain itu, setelah dilakukan pembesaran momen didapat konvergensi baik pada momen rotasi maupun *Displacement* pada rotasi ke-25 dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 9.

REFERENSI

- Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, Jakarta : Gramedia, 1999.
- SKBI-1.3.53.1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, Jakarta : Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1987.
- SNI – 1726 - 2002, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*, Bandung : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002.
- Soetomo HM, *Perhitungan Portal Bertingkat dengan Cara Takabeya*, Jakarta : Soetomo HM, 1981.