

# Perhitungan Momen Maksimum dan Kekakuan Batang pada Gedung Kelurahan Cisarua Kota Sukabumi Menggunakan Metode Takabeya

Tsana Adel Aulia Rahmani<sup>1</sup>, Hari Wibowo<sup>2</sup>, Dewi Ayu Sofia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Sukabumi  
Email: tsanaa07@gmail.com

<sup>2</sup> Dosen Teknik Sipil Politeknik Sukabumi  
Email: dedit.bowohadi@gmail.com

<sup>3</sup> Dosen Teknik Sipil Politeknik Sukabumi  
Email: dewiayusofia@polteksmi.ac.id

---

## Abstrak

Ada beberapa metode yang dapat dipakai dalam menganalisis kolom dengan kekakuan yang tidak merata, metode yang digunakan pada jurnal ini adalah metode takabeya. Metode Takabeya digunakan karena metode ini merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam perhitungan konstruksi statis tak tentu, khususnya pada konstruksi portal. Dibandingkan dengan metode yang lain, seperti metode Cross dan metode Kani, untuk penggunaan metode ini terutama pada struktur portal bertingkat banyak merupakan perhitungan yang paling sederhana dan lebih cepat serta lebih mudah untuk dipelajari dan dimengerti dalam waktu yang relatif singkat.

Kata Kunci: distribusi gempa, kekakuan, momen primer, momen rotasi, momen *displacement*.

---

## I. PENDAHULUAN

Kantor kelurahan merupakan salah satu sarana pelayanan masyarakat sebagai penyelenggaraan usaha pemerintahan, pembangunan dan kemasyarakatan. Mengingat pentingnya peranan kelurahan, maka pembangunan kelurahan harus ditinjau dari beberapa sisi. Hal tersebut antara lain peninjauan kelayakan konstruksi kelurahan tersebut sesuai dengan Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang nomor: SK-SNI-T15-19991-03. Pada pelaksanaan pembangunan gedung bertingkat salah satu perencanaan struktur yang perlu diperhatikan adalah struktur kolom. Kolom merupakan bagian struktur yang berperan sebagai sarana pendistribusian beban yang berada di atasnya. Apabila desain kolom tidak dengan benar maka dapat memperpendek umur bangunan tersebut yang tentu saja dapat membahayakan banyak orang apabila terjadi keruntuhan.

Pada umumnya terdapat beberapa metode yang populer dalam perhitungan konstruksi portal yaitu metode *cross* dan takabeya. Namun untuk perhitungan portal bertingkat banyak metode *cross* sudah tidak praktis lagi karena pada metode *cross* ini diperlukan sepuluh macam pembebanan momen akibat goyangan masing-masing tingkat.

Dalam jurnal ini metode yang akan digunakan untuk menganalisis kolom pada bangunan Kelurahan Cisarua adalah metode takabeya yang merupakan penyederhaanaan dari metode-metode sebelumnya. Pada metode takabeya hanya memerlukan satu momen parsial untuk pemberesan momen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kebutuhan tulangan yang memadai dalam pembangunan pelayanan masyarakat.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Objek dan Lokasi Penelitian

1. Tipe bangunan : Gedung Perkantora
2. Letak Bangunan : Jl. RA Kosasih Kota Sukabumi
3. Zona Gempa : Zona 4 (Sukabumi)
4. Jenis Pondasi : Telapak
5. Panjang Bangunan: 1800 cm
6. Lebar Bangunan : 1000 cm
7. Tinggi Bangunan : 710 cm
8. Kedalaman Pondasi: 200 cm
9. Mutu Beton ( $f_c$ ) : 20,75 Mpa (K-250)
10. Mutu Baja ( $f_y$ ) : 240 Mpa (U-24)

11. Mutu Baja ( $f_y$ ) : 390 Mpa (U-39)
12. Dimensi Sloof (SL<sub>1</sub>): 20/30 cm
13. Dimensi Sloof (SL) : 15/20 cm
14. Dimensi Kolom (K<sub>1</sub>): 25/25 cm
15. Dimensi Kolom (K<sub>2</sub>): 25/25 cm
16. Dimensi Kolom (K<sub>2</sub>') : 25/25 cm
17. Dimensi Balok (B<sub>1</sub>) : 25/50 cm
18. Dimensi Balok (B<sub>4</sub>) : 20/25 cm
19. Tebal Plat : 12 cm
20. Tulangan Utama : 16 mm
21. Tulangan Sengkang : 8 mm
22. Selimut Beton : 40 mm

### B. Analisis Dimensi

Ukuran penampang *sloof* dan balok dapat ditentukan dengan menacu pada SK SNI T-15-1991-03 [1]. Persamaan yang digunakan untuk mendimensikan balok adalah sebagai berikut:

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

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

Adapun persamaan yang digunakan untuk mendimensikan *sloof* adalah sebagai berikut:

$$h = \frac{L}{10} L s. d \frac{L}{15} L \quad (3)$$

$$b = \frac{1}{2} h s. d \frac{2}{3} h \quad (4)$$

Dimana  $h$  adalah tinggi balok,  $b$  adalah lebar, dan  $L$  adalah bentang terpanjang dengan satuan meter.

Menurut SK SNI T-15-1991-03, sama halnya dengan balok dan *sloof*, dimensi plat juga harus direncanakan terlebih dahulu. Bentang terpanjang dan terpendek plat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$l_{nx} = l_x - \left( \frac{1}{2} b_{bi} + \frac{1}{2} b_{bi} \right) \quad (4)$$

$$l_{ny} = l_y - \left( \frac{1}{2} b_{bi} + \frac{1}{2} b_{bi} \right) \quad (5)$$

Untuk mencari tebal plat lantai maka dapat digunakan persamaan di bawah ini:

$$h_{\min} \leq h \leq h_{\max}$$

$$h_{\min} = l_{nx} \frac{(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9, \beta} \quad (6)$$

$$h_{\max} = l_{ny} \frac{(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36} \quad (7)$$

$$h_{\text{rata-rata}} = \frac{h_{\min} + h_{\max}}{2} \quad (8)$$

Nilai  $\beta$  pada Persamaan (6) merupakan hasil pembagian antara bentang terpanjang dengan bentang terpendek plat.

Adapun persamaan yang digunakan untuk mendimensikan kolom adalah sebagai berikut:

$$h = b + (b \times 2) \quad (9)$$

Dimana nilai  $b$  merupakan lebar balok terbesar.

12. Modulus Elastisitas ( $e$ ) : 200.000

### C. Analisis Pembebanan

Untuk Acuan yang digunakan pada perhitungan pembebanan adalah PPIUG 1983. Beban yang dianalisis antara lain beban sendiri plat serta beban yang bekerja pada plat. Beban yang bekerja pada plat terdiri dari beban terbagi merata, baik hidup maupun mati serta beban terpusat. Untuk menganalisis beban yang bekerja pada plat, maka digunakan metode amplop. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$q' = q \left( x - \frac{4}{3} \frac{x^3}{l^2} \right) \quad (10)$$

### D. Distribusi Gempa

Analisis 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, dan lantai 2. 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)

$$I = I_1 \times I_2 \quad (11)$$

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)

$$C = \frac{0,8}{T} \quad (12)$$

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)

$$V = C \cdot \frac{I}{R} W_t \quad (13)$$

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)

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V \quad (14)$$

dimana  $h_i$  adalah tinggi lantai tingkat ke- $i$ .

### E. Analisis Metode Takabeya

Untuk melakukan analisis struktur balok, metode yang digunakan adalah Metode Takabeya. Perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan momen primer

$$M_{AB} = -M_{BA}$$

$$M_{AB} = -\frac{1}{12}ql^2 \quad (15)$$

$$M_{AB} = +\frac{1}{8}Pl^2 \quad (16)$$

dimana  $M$  adalah momen primer,  $q$  adalah beban merata,  $P$  adalah beban terpusat, dan  $l$  adalah panjang bentang.

- Perhitungan angka kekakuan (tumpuan jepit sempurna)

$$K = \frac{4EI}{L} \quad (17)$$

dimana  $K$  adalah angka kekakuan,  $E$  adalah modulus elastisitas, dan  $I$  adalah momen inersia.

- Perhitungan T akibat goyangan

$$T = 2(K_{a-b} + K_{c-d} + K_{...}) \quad (19)$$

Dimana  $K$  merupakan nilai kekakuan kolom pada masing-masing tingkat.

- Perhitungan momen rotasi dan *displacement*

$$\tau = M_1 + M_2 + M_3 + \dots \quad (20)$$

Dimana  $M$  merupakan nilai momen primer pada masing-masing titik.

- Perhitungan 2 kali angka kekakuan pada titik kumpul

$$\rho = 2(K_1 + K_2 + K_3 + \dots) \quad (21)$$

Dimana  $K$  merupakan nilai angka kekakuan pada masing-masing titik kumpul (*Joint*).

- Perhitungan koefisien kekakuan masing-masing batang

$$\gamma = K/\rho \quad (22)$$

Dimana  $K$  merupakan nilai kekakuan batang dan  $\rho$  merupakan nilai 2 kali angka kekakuan pada titik kumpul (*joint*).

- Perhitungan momen rotasi titik awal

$$m^{(0)} = -\tau/\rho \quad (23)$$

Dimana  $\tau$  merupakan nilai momen rotasi dan *displacement* dan  $\rho$  merupakan nilai 2 kali angka kekakuan pada masing-masing titik kumpul.

- Perhitungan momen *displacement* titik awal

$$\overline{m}^{(0)} = -h(w_i)/T \quad (24)$$

Dimana  $h$  merupakan nilai ketinggian masing-masing tingkat,  $w$  untuk beban gempa masing-masing tingkat dan  $T$  untuk nilai akibat goyang pada masing-masing tingkat.

- Perhitungan momen *design*

Contoh:

Untuk Titik 7

$$M_{7-1} = K_{7-1} (2m_7^{(a)} + m_1^{(a)} + \overline{m}_1^{(a)}) \quad (25)$$

$$M_{7-8} = K_{7-8} (2m_7^{(a)} + m_8^{(a)} + M_{7-8}) \quad (26)$$

$$M_{7-13} = K_{7-8} (2m_7^{(a)} + m_{13}^{(a)} + \overline{m}_{11}^{(a)}) \quad (27)$$

Dimana  $K$  merupakan nilai kekakuan batang,  $m_7$  merupakan nilai momen rotasi,  $m_1^{(a)}$  merupakan nilai momen *displacement*, dan  $M_{a-b}$

merupakan nilai momen primer pada batang tersebut.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisa Dimensi

Pada penelitian ini, struktur yang akan dianalisis adalah kolom pada portal As-D. Dengan menggunakan Persamaan (9) dapat dipastikan bahwa dimensi kolom yang telah ditetapkan sebelumnya dapat digunakan. Hal ini dikarenakan dimensi hasil analisis lebih kecil dari dimensi rencana. Jadi dapat diasumsikan bahwa dimensi rencana mampu menahan beban dengan baik.

#### B. Analisis Pembebanan

Pembebanan merupakan hal penting yang harus diperhatikan dalam menganalisis balok beton. Beban-beban yang bekerja di atas balok diasumsikan dengan pemodelan trapesium menggunakan metode amplop. Denah pembebanan yang bekerja pada slof dan balok dapat dilihat pada Gambar 1.

#### C. Analisis Distribusi Beban Gempa

Hasil perhitungan gaya geser gempa ditampilkan pada Tabel 1 dengan nilai  $W_t = 1085,13$  kN;  $T = 1$ ;  $C = 0,85$ ;  $I_1 = 1$ ;  $I_2 = 1,0$ ;  $R = 3,5$ . Gaya geser gempa untuk tiap lantai ditunjukkan oleh tabel 1.

#### D. Analisis Metode Takabeya

Untuk melakukan analisis struktur balok, metode yang digunakan adalah Metode Takabeya. Perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Perhitungan momen primer

Dengan menggunakan Persamaan (15) dan (16) hasil perhitungan momen primer ditunjukkan oleh portal pada gambar 2.

- Perhitungan angka kekakuan (tumpuan jepit sempurna)

Dengan menggunakan Persamaan (17) maka hasil dari kekakuan tiap batang ditunjukkan oleh gambar 3.

- Perhitungan T akibat goyangan

Dengan menggunakan Persamaan (19) maka hasil dari T akibat goyangan ditunjukkan oleh tabel 2.

- Perhitungan momen rotasi dan *displacement*

Dengan menggunakan Persamaan (20) maka hasil dari momen rotasi dan *displacement* ditunjukkan oleh tabel 3.

- Perhitungan 2 kali angka kekakuan pada titik kumpul

Dengan menggunakan Persamaan (22) maka hasil untuk 2 kali angka kekakuan pada titik kumpul ditunjukkan oleh tabel 4.



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

2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
<b>Lantai 1</b>		
7	$0 + (-8,34) + 0$	-8,34
8	$0 + 8,34 + (-8,41) + 0$	-0,07
9	$0 + 8,41 + (-33,63) + 0$	-25,22
10	$0 + 33,63 + (-1,3) + 0$	32,33
11	$0 + 1,3 + (-8,34) + 0$	-7,04
12	$0 + 8,34 + 0$	8,34
<b>Lantai 2</b>		
13	$0 + (-15,41) + 0$	-15,41
14	$0 + 15,41 + (-15,99) + 0$	-0,58
15	$0 + 15,99 + (-17,48) + 0$	-1,49
16	$0 + 17,48 + (-17,48) + 0$	0
17	$0 + 17,48 + (-15,99) + 0$	1,49
18	$0 + 15,99 + (-15,41) + 0$	0,58
19	$0 + 15,41 + 0$	15,41
<b>Atap</b>		
20	$0 + (-0,65) + 0$	-0,65
21	$0 + 0,65 + (-0,65) + 0$	0
22	$0 + 0,65 + (-0,65) + 0$	0
23	$0 + 0,65 + (-0,65) + 0$	0
24	$0 + 0,65 + (-0,65) + 0$	0
25	$0 + 0,65 + (-0,65) + 0$	0
26	$0 + 0,65 + 0$	0,65

**Tabel 4 Nilai 2 Kali Kekakuan pada Titik Kumpul**

$\rho$	$2(K_1 + K_2 + \dots)$	Nilai
<b>Lantai 1</b>		
1	2 (0)	0
2	2 (0)	0
3	2 (0)	0
4	2 (0)	0
5	2 (0)	0
6	2 (0)	0
<b>Lantai 1</b>		
7	2 (0,5807+0,1128+0,3065)	2
8	2 (0,3852+0,3367+0,0748+0,2033)	2
9	2 (0,3522+0,1540+0,3079+0,1859)	2
10	2 (0,3522+0,3079+0,1540+0,1859)	2
11	2 (0,3852+0,0748+0,3367+0,2033)	2
12	2 (0,5807+0,1128+0,3065)	2
<b>Lantai 2</b>		
13	2 (0,3349+0,3206+0,3445)	2
14	2 (0,2536+0,2427+0,2427+0,2610)	2
15	2 (0,0795+0,7626+0,0761+0,0818)	2

16	2 (0,4745+0,4745+0,0510)	2
17	2 (0,0795+0,7626+0,0761+0,2610)	2
18	2 (0,2536+0,2427+0,2427+0,2610)	2
19	2 (0,3349+0,3206+0,3445)	2
<b>Atap</b>		
20	2 (0,6417+0,3583)	2
21	2 (0,4724+0,2638+0,2638)	2
22	2 (0,4724+0,2638+0,2638)	2
23	2 (0,4724+0,2638+0,2638)	2
24	2 (0,4724+0,2638+0,2638)	2
25	2 (0,4724+0,2638+0,2638)	2
26	2 (0,6417+0,3583)	2

**Tabel 5 Koefisien Kekakuan Batang**

K		P		$\gamma = \frac{K}{\rho}$	$\Sigma\gamma$
NOTASI	NILAI	NOTASI	NILAI		
<b>Pondasi</b>					
(1-7)	0	1	0	0	0
(2-8)	0	2	0	0	
(3-9)	0	3	0	0	
(4-10)	0	4	0	0	
(5-11)	0	5	0	0	
(6-12)	0	6	0	0	
<b>Lantai 1</b>					
(7-1)	0,5807	7	2	0,2904	0,5
(7-8)	0,1128	7	2	0,0564	
(7-13)	0,3065	7	2	0,1533	
(8-2)	0,3852	8	2	0,1926	0,5
(8-9)	0,3367	8	2	0,1684	
(8-7)	0,0748	8	2	0,0374	
(8-14)	0,2033	8	2	0,1017	
(9-3)	0,3522	9	2	0,1761	0,5
(9-10)	0,154	9	2	0,0770	
(9-8)	0,3079	9	2	0,1540	
(9-15)	0,1859	9	2	0,0930	0,5
(10-4)	0,3522	10	2	0,1761	
(10-11)	0,3079	10	2	0,1540	
(10-9)	0,154	10	2	0,0770	
(10-17)	0,1859	10	2	0,0930	
(11-5)	0,3852	11	2	0,1926	
(11-12)	0,0748	11	2	0,0374	0,5
(11-10)	0,3367	11	2	0,1684	
(11-18)	0,2033	11	2	0,1017	
(12-1)	0,5807	12	2	0,2904	0,5
(12-11)	0,1128	12	2	0,0564	

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

(12-19)	0,3065	12	2	0,1533	
<b>Lantai 2</b>					
(13-7)	0,3349	13	2	0,1675	0,5
(13-14)	0,3206	13	2	0,1603	
(13-20)	0,3445	13	2	0,1723	
(14-8)	0,2536	14	2	0,1268	0,5
(14-15)	0,2427	14	2	0,1214	
(14-13)	0,2427	14	2	0,1214	
(14-21)	0,261	14	2	0,1305	
(15-9)	0,0795	15	2	0,0398	0,5
(15-16)	0,7626	15	2	0,3813	
(15-14)	0,0761	15	2	0,0381	
(15-22)	0,0818	15	2	0,0409	
(16-17)	0,4745	16	2	0,2373	0,5
(16-15)	0,4745	16	2	0,2373	
(16-23)	0,0510	16	2	0,0255	
(17-10)	0,0795	17	2	0,0398	0,5
(17-18)	0,0761	17	2	0,0381	
(17-16)	0,7626	17	2	0,3813	
(17-24)	0,0818	17	2	0,0409	
(18-11)	0,2536	18	2	0,1268	0,5
(18-19)	0,2427	18	2	0,1214	
(18-17)	0,2427	18	2	0,1214	
(18-25)	0,261	18	2	0,1305	
(19-12)	0,3349	19	2	0,1675	0,5
(19-18)	0,3206	19	2	0,1603	
(19-26)	0,3445	19	2	0,1723	
<b>Atap</b>					
(20-13)	0,6417	20	2	0,3209	0,5
(20-21)	0,3583	20	2	0,1792	
(21-14)	0,4724	21	2	0,2362	0,5
(21-22)	0,2638	21	2	0,1319	
(21-20)	0,2638	21	2	0,1319	
(22-15)	0,4724	22	2	0,2362	0,5
(22-23)	0,2638	22	2	0,1319	
(22-21)	0,2638	22	2	0,1319	
(23-16)	0,4724	23	2	0,2362	0,5
(23-24)	0,2638	23	2	0,1319	
(23-22)	0,2638	23	2	0,1319	
(24-17)	0,4724	24	2	0,2362	0,5
(24-25)	0,2638	24	2	0,1319	
(24-23)	0,2638	24	2	0,1319	
(25-18)	0,4724	25	2	0,2362	0,5
(25-26)	0,2638	25	2	0,1319	
(25-24)	0,2638	25	2	0,1319	

(26-19)	0,6417	26	2	0,3209	0,0																								
(26-25)	0,3583	26	2	0,1792																									
Titik/Joint	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
Joint	1-7	2-8	3-9	4-10	5-11	6-12	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15	10-4	10-11	10-9	10-17	10-4	10-11	10-9	10-17
Titik	0	0	0	0	0	0	7-8	7-13	8	8-2	8-9	8-7	8-14	8-2	8-9	8-7	8-14	9-3	9-10	9-8	9-15								

**Tabel 6 Momen Rotasi Pada Titik Awal**

$m^{(0)}$	$\tau$		$\rho$		$m=-t/p$
	Simbol	Nilai	Simbol	Nilai	kN.m
<b>Pondasi</b>					
$m_1^{(0)}$	$\tau_1$	0	$\rho_1$	0	0
$m_2^{(0)}$	$\tau_2$	0	$\rho_2$	0	0
$m_3^{(0)}$	$\tau_3$	0	$\rho_3$	0	0
$m_4^{(0)}$	$\tau_4$	0	$\rho_4$	0	0
$m_5^{(0)}$	$\tau_5$	0	$\rho_5$	0	0
$m_6^{(0)}$	$\tau_6$	0	$\rho_6$	0	0
<b>Lantai 1</b>					
$m_7^{(0)}$	$\tau_7$	-8,34	$\rho_7$	2	4,17
$m_8^{(0)}$	$\tau_8$	-0,07	$\rho_8$	2	0,035
$m_9^{(0)}$	$\tau_9$	-25,22	$\rho_9$	2	12,61
$m_{10}^{(0)}$	$\tau_{10}$	32,33	$\rho_{10}$	2	-16,165
$m_{11}^{(0)}$	$\tau_{11}$	-7,04	$\rho_{11}$	2	3,52
$m_{12}^{(0)}$	$\tau_{12}$	8,34	$\rho_{12}$	2	-4,17
<b>Lantai 2</b>					
$m_{13}^{(0)}$	$\tau_{13}$	-15,41	$\rho_{13}$	2	7,705
$m_{14}^{(0)}$	$\tau_{14}$	-0,58	$\rho_{14}$	2	0,29
$m_{15}^{(0)}$	$\tau_{15}$	-1,49	$\rho_{15}$	2	0,745
$m_{16}^{(0)}$	$\tau_{16}$	0	$\rho_{16}$	2	0
$m_{17}^{(0)}$	$\tau_{17}$	1,49	$\rho_{17}$	2	-0,745
$m_{18}^{(0)}$	$\tau_{18}$	0,58	$\rho_{18}$	2	-0,29
$m_{19}^{(0)}$	$\tau_{19}$	15,41	$\rho_{19}$	2	-7,705
<b>Atap</b>					
$m_{20}^{(0)}$	$\tau_{20}$	-0,65	$\rho_{20}$	2	0,325
$m_{21}^{(0)}$	$\tau_{21}$	0	$\rho_{21}$	2	0
$m_{22}^{(0)}$	$\tau_{22}$	0	$\rho_{22}$	2	0
$m_{23}^{(0)}$	$\tau_{23}$	0	$\rho_{23}$	2	0
$m_{24}^{(0)}$	$\tau_{24}$	0	$\rho_{24}$	2	0
$m_{25}^{(0)}$	$\tau_{25}$	0	$\rho_{25}$	2	0
$m_{26}^{(0)}$	$\tau_{26}$	0,65	$\rho_{26}$	2	-0,325

**Tabel 7 Nilai Momen Displacement**

Ketinggian		Beban Gempa		Kekakuan		$m_0 = -h(w_i) / T$	
H		W		T		Simbol	Nilai (kN.m)
Nilai (m)	Nilai (kN)	Nilai	Nilai	Nilai	Nilai		
$h_3$	9	$w_3$	2,61	T	7,2908	m III	-3,2219
$h_2$	5,5	$w_2$	17,75	T	5,5236	m II	-17,674
$h_1$	1,9	$w_1$	4,97	T	8,0552	m I	-1,1723
$h_0$	0	$w_0$	0	T	0	m 0	0

Pemberesan momen dilakukan berulang sampai tercapai konvergensi. Rekapitulasi hasil dari pemberesan momen rotasi dan displacement ditunjukkan oleh tabel sebagai berikut:

**Tabel 8 Hasil Akhir Momen**

Rotasi	kN.m	Rotasi	kN.m
$m_1^{(30)}$	0,000	$m_{14}^{(30)}$	3,838

$m_2^{(30)}$	0,000	$m_{15}^{(30)}$	1,098
$m_3^{(30)}$	0,000	$m_{16}^{(30)}$	-0,374
$m_4^{(30)}$	0,000	$m_{17}^{(30)}$	1,303
$m_5^{(30)}$	0,000	$m_{18}^{(30)}$	3,646
$m_6^{(30)}$	0,000	$m_{19}^{(30)}$	11,870
$m_7^{(30)}$	2,806	$m_{20}^{(30)}$	3,663
$m_8^{(30)}$	5,806	$m_{21}^{(30)}$	0,640
$m_9^{(30)}$	-11,142	$m_{22}^{(30)}$	1,748
$m_{10}^{(30)}$	21,551	$m_{23}^{(30)}$	1,916
$m_{11}^{(30)}$	-3,350	$m_{24}^{(30)}$	1,531
$m_{12}^{(30)}$	9,353	$m_{25}^{(30)}$	1,282
$m_{13}^{(30)}$	-3,216	$m_{26}^{(30)}$	-0,643
<b>Momen Displacement</b>			
$m_0^{(30)}$	0,000	$m_{II}^{(30)}$	-27,203
$m_I^{(30)}$	-9,103	$m_{III}^{(30)}$	-9,568

## 21. Pemberesan Momen Design

**Tabel 9 Hasil Perhitungan Momen Design**

<b>Titik 7</b>	
(7-1)	5,145
(7-8)	-6,068
(7-13)	0,926
	0,003
<b>Titik 8</b>	
(8-2)	-3,000
(8-9)	-1,626
(8-7)	9,224
(8-14)	-4,597
	0,001
<b>Titik 9</b>	
(9-3)	8,989
(9-10)	-30,432
(9-8)	19,742
(9-15)	1,704
	0,003
<b>Titik 10</b>	
(10-4)	-14,040
(10-11)	-7,263
(10-9)	31,793
(10-17)	-10,489
	0,002
<b>Titik 11</b>	
(11-5)	4,100
(11-12)	-6,567
(11-10)	3,282
(11-18)	-0,811
	0,004
<b>Titik 12</b>	
(12-6)	-2,459
(12-11)	10,174
(12-19)	-7,711
	0,004
<b>Titik 13</b>	

(13-7)	1,878234
(13-14)	-6,67848
(13-20)	4,803124
	0,003
<b>Titik 14</b>	
(14-8)	-5,246
(14-15)	-14,115
(14-13)	19,839
(14-21)	-0,480
	-0,001
<b>Titik 15</b>	
(15-9)	-0,565
(15-16)	-15,494
(15-14)	16,461
(15-22)	-0,402
	0,001
<b>Titik 16</b>	
(16-17)	-17,312
(16-15)	17,744
(16-23)	-0,432
	0,000
<b>Titik 17</b>	
(17-10)	-3,196
(17-18)	-15,535
(17-16)	19,159
(17-24)	-0,424
	0,004
<b>Titik 18</b>	
(18-11)	-2,813
(18-19)	-14,550
(18-17)	17,908
(18-25)	-0,545
	0,000
<b>Titik 19</b>	
(19-12)	-10,419
(19-18)	14,530
(19-26)	-4,108
	0,003
<b>Titik 20</b>	
(20-13)	0,700
(20-21)	-0,701
	0,000
<b>Titik 21</b>	
(21-14)	-1,660
(21-22)	0,469
(21-20)	1,190
	0,000
<b>Titik 22</b>	
(22-15)	-2,383
(22-23)	0,613
(22-21)	1,770
	0,000
<b>Titik 23</b>	
(23-16)	-2,843
(23-24)	0,789
(23-22)	2,054
	0,000
<b>Titik 24</b>	

(24-17)	-2,354
(24-25)	0,373
(24-23)	1,981
	0,000
<b>Titik 25</b>	
(25-18)	-2,165
(25-26)	0,694
(25-24)	1,471
	0,000
<b>Titik 26</b>	
(26-19)	-3,456
(26-25)	3,458
	0,001

#### IV. KESIMPULAN

Analisis momen terbesar dari struktur kolom di Kantor Kelurahan Cisarua Kota Sukabumi telah berhasil dilakukan pada penelitian ini. Dari hasil analisis diketahui bahwa momen terbesar terdapat pada bentang 9-10 dengan nilai momen 33,63 kN. Dan untuk perhitungan dengan menggunakan metode takabeya dapat disimpulkan kekakuan batang terjadi pada rotasi ke -25 dengan nilai momen rotasi dan momen *displacement* yang terdapat pada **Tabel 8**.

#### REFERENSI

- Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, Jakarta: Gramedia, 1999.
- C.K. Wang, *Desain Beton Bertulang, Edisi Keempat*, Jakarta: Erlangga, 1989.
- W.C. Vis, K. Gideon, *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Jakarta: Erlangga, 1993.
- Nawy E.G, *Beton Bertulang- Suatu Pendekatan Dasar*, Bandung: Aditama, 1990.
- Soetomo, *Takabeya*, Jakarta: Fakultas Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 1981.