

## ANALISIS PENGARUH *CONSTRUCTION STAGE* TERHADAP DEFORMASI DAN GAYA DALAM STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT DENGAN DINDING GESER

William David<sup>1</sup> dan FX Supartono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia  
*william.325180145@stu.untar.ac.id*

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia  
*fxsupartono@gmail.com*

Masuk: 26-01-2022, revisi: 25-01-2023, diterima untuk diterbitkan: 02-02-2023

### ABSTRACT

*In building high-rise buildings in Indonesia, there are many aspects that need to be considered, especially the aspect of earthquake resistance. One way is to use shear walls in high-rise buildings. In addition, it is necessary to pay attention to the effect of creep and shrinkage of concrete that occurs during the construction period, especially in high-rise buildings. For this purpose, this paper discusses the effect of the analysis of the construction stage (construction stage) on deformations and forces in high-rise building structures using shear walls. For example, research has been carried out on an 8-storey office building model, the analysis of which uses the Midas Gen software. The results of this study indicate that the deformation that occurs in the building structure that takes into account the stages of construction is different from those that do not take into account the stages of construction, both in terms of shape and value. In addition, due to differences in column shortening, additional internal forces in reinforced concrete beams result in the need for additional reinforcement.*

*Keywords: shear wall; construction stage; creep; shrinkage; MIDAS GEN*

### ABSTRAK

Dalam membangun gedung bertingkat di Indonesia, banyak aspek yang perlu diperhatikan terutama aspek ketahanan gempa. Salah satu cara adalah dengan menggunakan dinding geser (shear wall) pada bangunan bertingkat. Selain itu perlu diperhatikan juga pengaruh rangkakan dan susut beton yang terjadi selama masa konstruksi, khususnya pada gedung bertingkat tinggi. Untuk tujuan tersebut, makalah ini membahas pengaruh analisis tahapan konstruksi (*construction stage*) terhadap deformasi dan gaya dalam struktur gedung bertingkat yang menggunakan dinding geser. Sebagai contoh kasus, telah dilakukan penelitian pada model gedung perkantoran bertingkat 8, yang analisisnya menggunakan *software* Midas Gen. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi pada struktur gedung yang memperhitungkan tahapan konstruksi berbeda dari yang tidak memperhitungkan tahapan konstruksi, baik dari segi bentuk maupun nilai. Selain itu akibat dari perbedaan perpendekan kolom menimbulkan gaya-gaya dalam tambahan pada balok beton bertulang yang berakibat pada keperluan penambahan tulangan.

Kata kunci: dinding geser; tahap konstruksi; rangkakan; susut; MIDAS GEN

## 1. PENDAHULUAN

Dunia konstruksi tidak asing dengan struktur gedung bertingkat. Gedung bertingkat dinilai efektif dan efisien pada daerah yang memiliki keterbatasan lahan dengan perkembangan jumlah penduduk yang semakin banyak. Pada dasarnya, gedung yang didesain harus mampu untuk menahan beban sendiri bangunan tersebut, beban rencana dan juga tahan terhadap gaya gempa. Dalam menahan gaya gempa ada beberapa cara yang dapat diimplementasikan dalam suatu struktur gedung bertingkat. Salah satu cara yang paling populer adalah menggunakan sistem dinding geser/*shear wall*. Bangunan beton bertulang, di dalam perilaku strukturnya, sangat didominasi oleh pelat, balok dan kolom, namun sering kali dilakukan satu tipe elemen yang lain yang serupa dengan pelat arah vertikal, dan elemen ini dinamakan dinding geser (Manalip, 2015). Selain itu dalam mendesain suatu gedung bertingkat, perlu diperhatikan juga *construction stage*. Analisis struktur pada bangunan yang memiliki tingkat rendah, biasanya dilakukan dengan menggunakan model struktur yang telah selesai tanpa memperhatikan proses pembangunan.

Selama masa konstruksi berlangsung, akan terjadi rangkakan (*creep*) dan juga susut (*shrinkage*). Rangkakan atau yang dikenal juga dengan istilah *creep* adalah deformasi (perubahan bentuk) inelastis yang disebabkan oleh beban yang terjadi secara konstan. Susut atau yang dikenal dengan istilah (*shrinkage*) adalah sebuah fenomena yang terjadi pada beton dimana seiring berjalannya waktu, beton akan kehilangan kadar air sehingga akan mengalami perubahan

volume. Analisis yang akan dilakukan oleh penulis adalah membandingkan pengaruh *shear wall* dan juga *construction stage* terhadap gedung perkantoran 8 lantai. Analisis yang dilakukan akan menggunakan bantuan program MIDAS GEN, sedangkan pengaruh *construction stage* akan menggunakan pedoman CEB-FIP Model Code 1990.

Masalah yang diidentifikasi adalah perbandingan deformasi yang terjadi antara struktur gedung bertingkat yang menggunakan *shear wall* asimetris dan memperhitungkan *construction stage*. Selain itu akan dilihat bagaimana pengaruh *construction stage* terhadap pemendekan kolom yang terjadi. Analisis pada penelitian ini akan menggunakan bantuan program MIDAS GEN berbasis metode elemen hinggadalam membuat pemodelan gedung perkantoran 8 tingkat. Metode elemen hingga sendiri merupakan suatu metode numerik yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan teknik maupun matematis (Logan, 2011)

Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan serta mengetahui sejauh mana pengaruh dari efek *construction stage analysis* yang terutama berupa pengaruh *creep* dan *shrinkage* pada pemendekan kolom dengan menggunakan metode CEB-FIP Model Code 1990.

## 2. METODE PENELITIAN

### Data spesifikasi gedung (Gambar 1)

- Fungsi gedung : Gedung perkantoran
- Bentang sumbu X gedung : 30 m
- Bentang sumbu Y gedung : 40 m
- Tinggi gedung : 32 m
- Jumlah *story* : 8 tingkat
- Jarak antar kolom : 6 m (Sumbu X)  
: 8 m (Sumbu Y)

### Data kolom

- Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 35 MPa
- Ukuran : 800x800 mm
- Mutu tulangan ( $f_y$ ) : 400 MPa

### Data balok

- Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Ukuran : 400x800 mm
- Mutu tulangan ( $f_y$ ) : 400 MPa

### Data *shear wall*

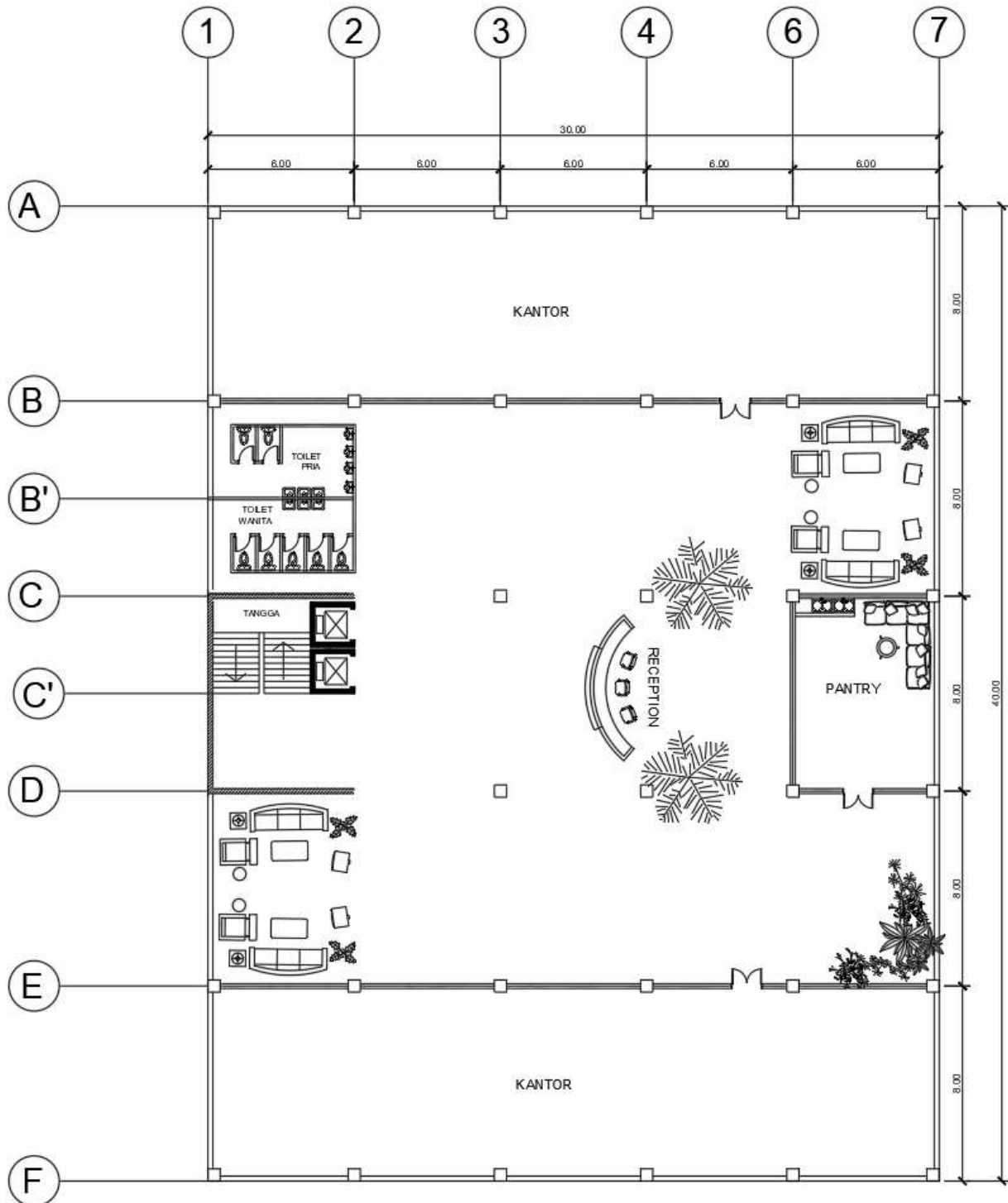
- Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Tebal : 300 mm
- Tinggi : 4 m
- Mutu tulangan ( $f_y$ ) : 400 MPa

### Pengaruh *creep* dan *shrinkage*

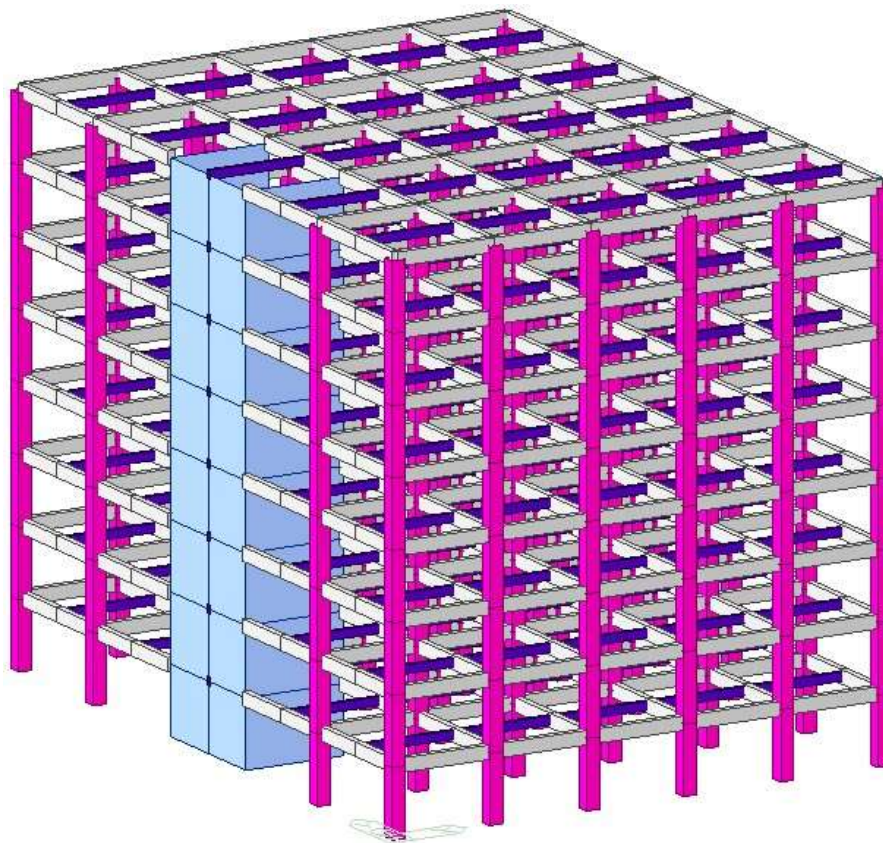
Dalam memperhitungkan *construction stage* dalam MIDAS GEN (Gambar 2) menggunakan metode CEB-FIP Model Code 1990 maka diperlukan data sebagai berikut:

- Mutu Beton ( $f_c'$ ) : 35 MPa
- Tipe semen : Normal/rapid *hardening*
- Umur beton saat awal penyusutan : 7 hari

Untuk kelembaban relatif (Tabel 1) yang digunakan sesuai dengan proses konstruksi dimana dalam 1 bulan menyelesaikan 1 tingkat.



Gambar 1. Denah lantai 2-8 gedung perkantoran.



Gambar 2. Pemodelan gedung di MIDAS GEN.

Tabel 1. Kelembaban relatif (Badan Pusat Statistik Kota Jakarta Barat)

Bulan	Tahun			Rata-rata
	2018	2019	2020	
Januari	76	80	82	79,3333
Februari	82	80,2	83	81,7333
Maret	79	78,4	78	78,4667
April	78	78,4	78	78,1333
Mei	73	73,8	75	73,9333
Juni	74	71,9	74	73,3
Juli	69	68,5	71	69,5
Agustus	69	68,6	70	69,2
September	67	68,7	70	68,5667
Oktober	70	69	73	70,6667
November	74	71	75	73,3333
Desember	74	79,1	74	75,7

Beban yang bekerja dalam gedung perkantoran 8 lantai berdasarkan PPIUG 1983 dengan kombinasi D+L dikarenakan ingin melihat dampak dari *construction stage* dapat dilihat seperti pada Tabel 2.

### ***Creep dan shrinkage***

Rangkap/*creep* adalah deformasi pada beton yang dipengaruhi oleh faktor waktu. Rangkap merupakan perubahan inelastis yang diakibatkan oleh adanya beban konstan pada beton. Rangkap terukur dari saat terjadinya regangan *elastic* hingga regangan inelastis. Besar nilai rangkap/*creep* dapat dipengaruhi banyak faktor. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi deformasi akibat rangkap/*creep* antara lain adalah:

- Pemilihan jenis semen yang digunakan
- Persentase dan ukuran agregat kasar dan halus
- Kadar air dalam semen (*water/cement ratio*)

- Kelembaban (*humidity*) relatif lingkungan beton
- Dimensi dari beton tersebut (tebal dan perbandingan volume terhadap luas permukaan)
- Umur beton saat pembebanan terjadi
- Angka *slump* dari campuran beton yang digunakan

Tabel 2. Beban yang bekerja di gedung perkantoran

Tipe Beban	Beban	Nilai (kN/m <sup>2</sup> )
Beban Mati	Pelat Lantai	3,36
	Spesi	0,63
	Keramik	0,24
	Plafond	0,11
	Rangka Plafond	0,7
	Mekanikal Elektrikal	0,25
Beban Hidup	Kantor	2,4
	Koridor	3,83
	Ruang Makan/ <i>Pantry</i>	4,79
	Toilet	2,87
	Kursi yang Dapat Dipindahkan	4,79

Sedangkan susut/shrinkage merupakan deformasi struktur beton yang berakibat dari berkurangnya/mengilangnya kadar air dan kelembapan pada saat proses pengeringan beton. Susut/shrinkage adalah tegangan yang diukur pada spesimen beton yang terbebas dari beban (ACI-209.2R-08). Sama seperti rangkakan/*creep*, nilai susut dapat ditentukan oleh banyak faktor. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai susut antara lain:

- Kadar agregat. Dimana kadar agregat dan penyusutan yang terjadi berbanding terbalik (campuran dengan kadar agregat semakin tinggi akan mengalami penyusutan yang semakin kecil).
- *Water/cement ratio* (semakin besar faktor w/c maka nilai susut yang terjadi akan semakin besar)
- Dimensi beton (semakin besar volum beton maka nilai susut yang terjadi akan semakin kecil)
- Kelembaban (*humidity*) relatif lingkungan beton (bila beton memiliki lingkungan dengan kelembaban relatif yang tinggi, maka nilai susut yang terjadi akan semakin kecil).
- Jenis semen yang digunakan (susut karbonasi terjadi akibat reaksi CO<sub>2</sub> di udara dengan yang ada didalam pasta semen. Jika terjadi bersamaan maka nilai susut yang terjadi akan menjadi lebih kecil).

Untuk menghitung rangkakan dan susut menggunakan metode CEB-FIP Model Code 1990 dapat menggunakan Persamaan 1.

$$\Phi_{28(t,t_0)} = \Phi_0 \beta_{c(t,t_0)} \quad (1)$$

dimana

- $\Phi_0$  : koefisien rangkakan nasional
- $\beta_{c(t,t_0)}$  : koefisien yang menunjukkan perkembangan nilai rangkakan dengan waktu pembebanan
- $t$  : umur beton
- $t_0$  : umur beton pada saat pembebanan

Koefisien rangkakan nasional dapat ditentukan dengan Persamaan 2-7.

$$\Phi_0 = \Phi_{RH}(h) \beta_{(f_{cm28})} \beta_{(t_0)} \quad (2)$$

$$\beta_{(f_{cm28})} = \frac{5,3}{\sqrt{f_{cm28}/f_{cm0}}} \quad (3)$$

$$\Phi_{RH}(h) = \left[ 1 + \frac{1 - h/h_0}{\sqrt[3]{0,1 \left[ \left( \frac{V}{S} \right) / \left( \frac{V}{S} \right)_0 \right]}} \alpha_1 \right] \alpha_2 \quad (4)$$

$$\beta_{(t_0)} = \frac{1}{0,1 + (t_0/t_1)^{0,4}} \quad (5)$$

$$\alpha_1 = \left[ \frac{3,5f_{cm0}}{f_{cm28}} \right]^{0,7} \quad (6)$$

$$\alpha_2 = \left[ \frac{3,5f_{cm0}}{f_{cm28}} \right]^{0,2} \quad (7)$$

dimana

- $f_{cm28}$  : kuat tekan rata-rata beton saat 28 hari (MPa)
- $f_{cm0}$  : 10 MPa
- $h$  : kelembaban relatif (desimal)
- $h_0$  : 1
- $\frac{V}{S}$  : perbandingan antara volum dengan luas permukaan (mm)
- $\left(\frac{V}{S}\right)_0$  : 50 mm
- $t_1$  : 1 hari
- $\alpha_1$  : koefisien nilai kuat tekan rata-rata beton
- $\alpha_2$  : koefisien nilai kuat tekan rata-rata beton

Efek tipe semen pada campuran beton dan curing pada koefisien rangkai dapat diperhitungkan dengan memodifikasi umur beton pada saat pembebanan ( $t_0$ ) dengan Persamaan 8.

$$t_0 = t_{0,T} \left[ \frac{9}{2 + (t_{0,T}/t_{1,T})^{1,2}} + 1 \right]^\alpha \geq 0,5 \text{ hari} \quad (8)$$

dimana

- $t_{0,T}$  : umur beton saat diberi pembebanan yang sudah disesuaikan dengan temperatur beton
- $t_{1,T}$  : 1
- $\alpha$  : nilai yang digunakan berdasarkan tipe semen yang digunakan  
: -1, untuk *slowly hardening cement*  
: 0, untuk *normal/rapidly hardening cement*  
: 1, untuk *rapid hardening cement*

Koefisien perkembangan nilai rangkai terhadap waktu setelah beban diberikan yang dapat ditentukan dengan Persamaan 9-10.

$$\beta_{c(t,t_0)} = \left[ \frac{(t - t_0)/t_t}{\beta_H + ((t - t_0)/t_t)} \right]^{0,3} \quad (9)$$

$$\beta_H = \frac{150 \left[ 1 + \left( 1,2 \frac{h}{h_0} \right)^{18} \right] \left( \frac{V}{S} \right)}{\left( \frac{V}{S} \right)_0} + 250_{\alpha_3} \leq 1500_{\alpha_3} \quad (10)$$

dimana

- $t_t$  : 1 hari
- $\alpha_3$  : koefisien yang dipengaruhi nilai kuat tekan rata-rata beton

Persamaan 11 perhitungan susut (*shrinkage*) dengan metode CEB-FIP Model Code 1990.

$$\varepsilon_{SH(t,tc)} = \varepsilon_{CS0} \beta_s (t - tc) \quad (11)$$

dimana

- $\varepsilon_{CS0}$  : koefisien susut nasional
- $\beta_s(t - tc)$  : koefisien yang menyatakan perkembangan nilai susut dengan waktu pengeringan beton
- $tc$  : umur beton saat dimulainya pengeringan

- $(t - t_c)$  : durasi pengeringan dalam hari

Untuk mendapatkan nilai koefisien nasional dapat menggunakan Persamaan 12-15.

$$\varepsilon_{CS0} = \varepsilon_s(f_{cm28})\beta_{RH}(h) \quad (12)$$

$$\varepsilon_s(f_{cm28}) = \left[ 160 + 10\beta_{SC} \left( 9 - \frac{f_{cm28}}{f_{cm0}} \right) \right] \times 10^{-6} \quad (13)$$

$$\beta_{RH}(h) = -1,55 \left[ 1 - \left( \frac{h}{h_0} \right)^3 \right]; \text{ untuk } 0,4 \leq h \leq 0,99 \quad (14)$$

$$\beta_{RH}(h) = 0,25; \text{ untuk } h \geq 0,99 \quad (15)$$

dimana

- $\beta_{SC}$  : koefisien yang dipengaruhi oleh tipe semen

Perkembangan nilai susut dengan waktu dapat diperoleh dengan Persamaan 16.

$$\beta_s(t - t_c) = \left[ \frac{(t - t_v)/t_1}{350[(V/S)/(V/S)_0]^2 + (t - t_c)/t_1} \right]^{0,5} \quad (16)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Deformasi

Setelah dilakukan analisa pada struktur gedung bertingkat dengan memperhitungkan *construction stage* dan tidak memperhitungkan *construction stage*, maka didapatkan deformasi yang berbeda baik bentuk maupun nilai dari deformasi antara kedua pemodelan struktur gedung bertingkat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Deformasi as F tanpa *construction stage analysis*.

Dapat dilihat deformasi yang terjadi pada as F (Gambar 4) dari struktur gedung perkantoran 8 lantai tanpa memperhitungkan *construction stage* memiliki deformasi terbesar di puncak dari gedung tersebut.



Gambar 4. Deformasi as F dengan *construction stage analysis*.

Untuk deformasi as F gedung perkantoran 8 lantai dengan memperhitungkan *construction stage* memiliki deformasi terbesar pada sekitar 2/3 dari tinggi total gedung.

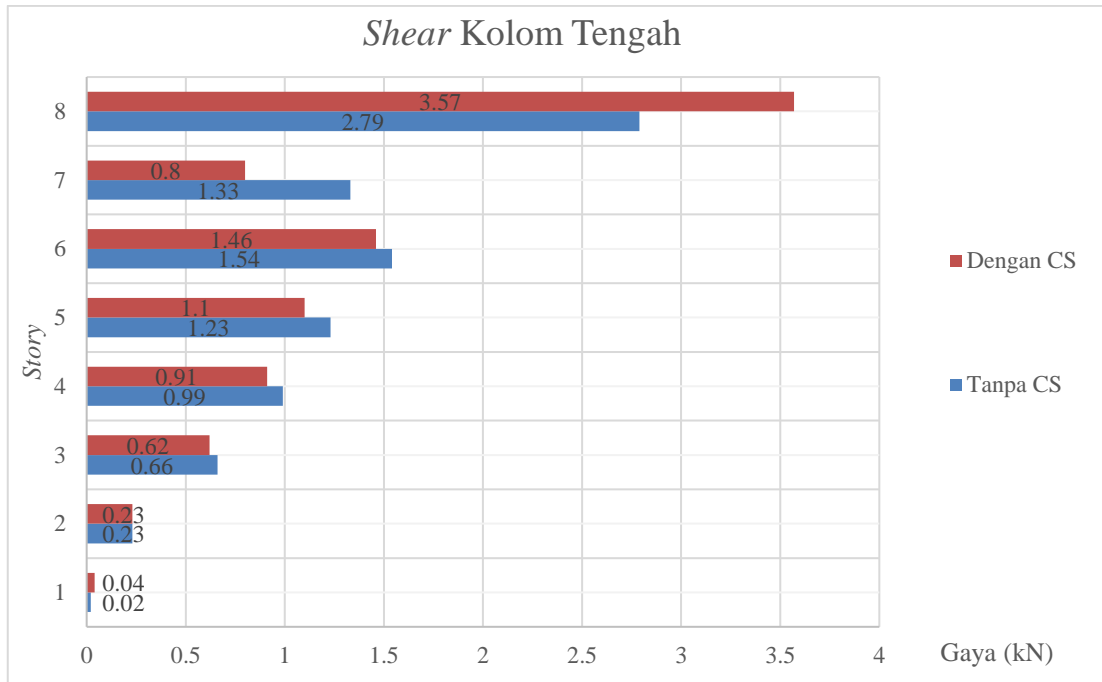
### Gaya dalam

Untuk gaya dalam yang bekerja pada elemen struktur gedung perkantoran 8 lantai terjadi perbedaan akibat struktur mengalami perbedaan akibat dari adanya perbedaan pemendekan kolom. Untuk elemen kolom yang ditinjau adalah kolom tengah (D-4) pada Gambar 5-7.

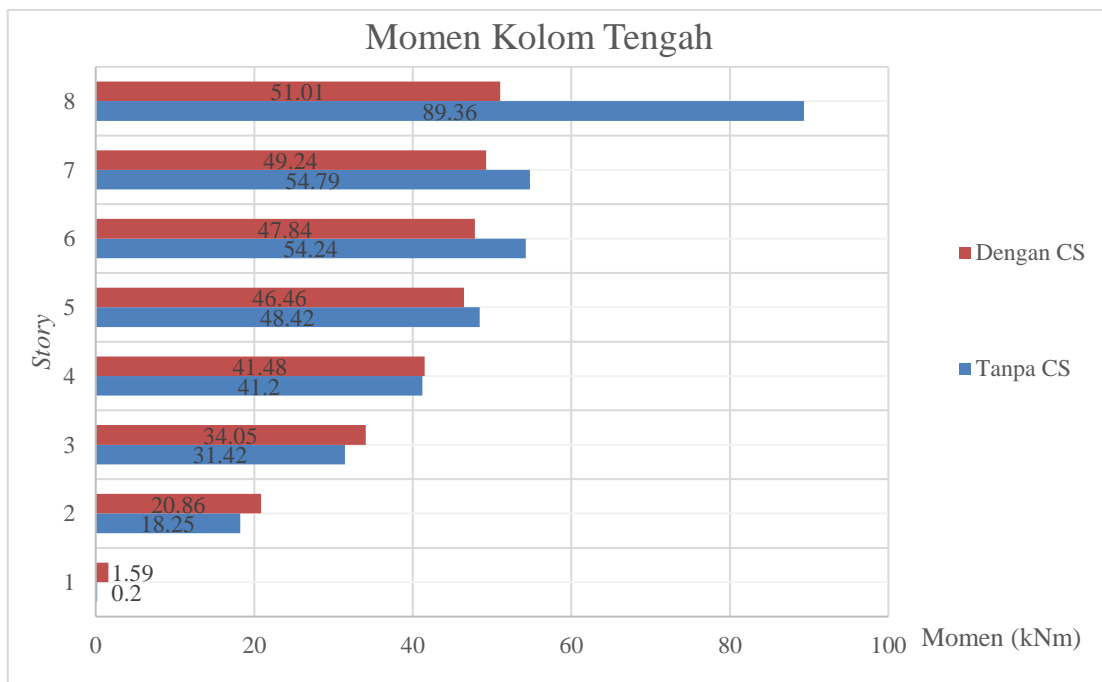


Gambar 5. Grafik perbandingan gaya *axial* kolom tengah.





Gambar 6. Grafik perbandingan gaya shear kolom tengah.



Gambar 7. Grafik perbandingan momen kolom tengah.

Sedangkan untuk balok yang akan ditinjau adalah balok yang mengalami perbedaan penurunan terbesar yaitu balok penghubung antara kolom tengah dengan shear wall (Tabel 2-5).

Tabel 2. Gaya geser ultimate balok dengan construction stage

Lantai	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
	Vu+ (kN)	Vu- (kN)	Vu+ (kN)	Vu- (kN)	Vu+ (kN)	Vu- (kN)
1	129.52	165.34	130	129.52	165.82	130
2	162.85	198.66	158.73	162.85	194.55	158.73

Tabel 2 (lanjutan). Gaya geser *ultimate* balok dengan *construction stage*

Lantai	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
	Vu+ (kN)	Vu- (kN)	Vu+ (kN)	Vu- (kN)	Vu+ (kN)	Vu- (kN)
3	181.27	217.08	171.54	181.27	207.35	171.54
4	188.27	224.08	173.34	188.27	209.15	173.34
5	187.08	222.89	168.88	187.08	204.69	168.88
6	181.52	217.33	162.79	181.52	198.61	162.79
7	174.64	210.45	157.21	174.64	193.02	157.21
8	162.77	200.75	147.09	162.77	185.06	147.09

Tabel 3. Gaya geser *ultimate* balok tanpa *construction stage*

Lantai	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
	Vu+ (kN)	Vu- (kN)	Vu+ (kN)	Vu- (kN)	Vu+ (kN)	Vu- (kN)
1	62.25	93.53	62.46	62.25	93.74	62.46
2	63.83	95.11	60.88	63.83	92.16	60.88
3	66.2	97.48	58.52	66.2	89.79	58.52
4	68.78	100.06	55.94	68.78	87.22	55.94
5	71.16	102.44	53.56	71.16	84.84	53.56
6	72.98	104.25	51.74	72.98	83.02	51.74
7	74.33	105.61	50.39	74.33	81.66	50.39
8	80.01	113.45	55.74	80.01	89.18	55.74

Tabel 4. Momen *ultimate* balok tanpa *construction stage*

Lantai	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
	Mu+ (kNm)	Mu- (kNm)	Mu+ (kNm)	Mu- (kNm)	Mu+ (kNm)	Mu- (kNm)
1	13.96	107.88	61.87	13.64	13.64	108.51
2	12.03	112.18	62.3	12.03	16.45	103.33
3	8.72	119.04	62.55	8.72	20.25	95.97
4	4.98	126.64	62.67	4.98	24.24	88.13
5	1.48	133.71	62.74	1.48	27.87	80.93
6	1.26	139.18	62.73	1.26	30.59	75.48
7	3.2	143.15	62.82	3.2	32.72	71.31
8	1.03	151.67	69.51	1.03	35.37	78.86

Tabel 5. Momen *ultimate* balok dengan *construction stage*

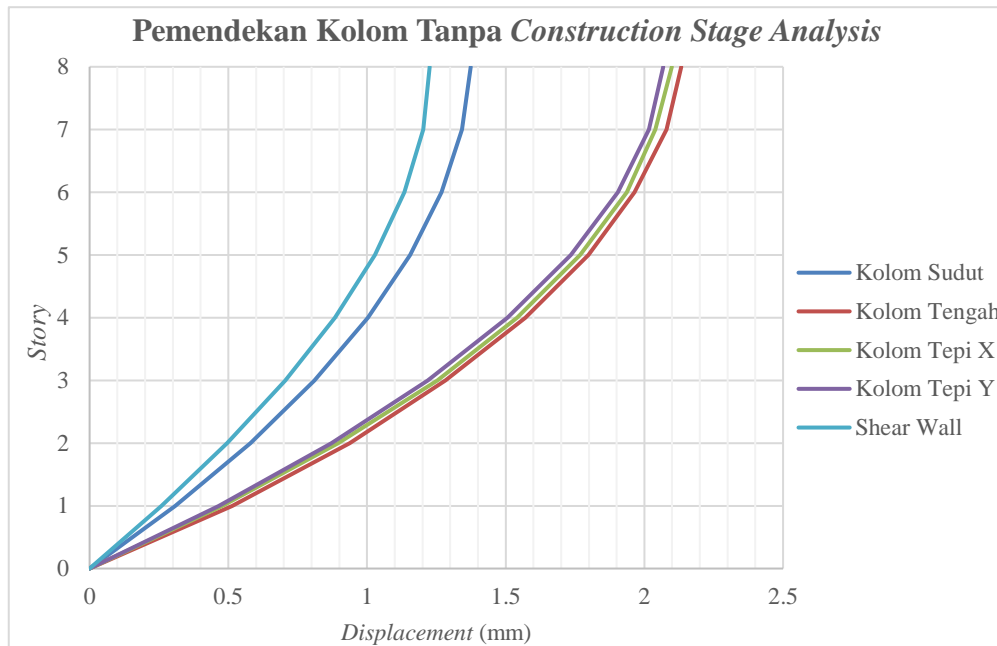
Lantai	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
	Mu+ (kNm)	Mu- (kNm)	Mu+ (kNm)	Mu- (kNm)	Mu+ (kNm)	Mu- (kNm)
1	110.06	299.23	110.06	85.68	104.77	296.1
2	159.1	403.95	159.1	86.34	150	376.35
3	181.22	461.58	181.22	86.66	175.28	411.86
4	185.18	483.78	185.18	86.71	184.57	415.98
5	177.59	479.39	183.61	86.68	183.61	403.52
6	169.18	463.37	174.59	86.5	174.59	384.94
7	159.53	441.01	166.02	86.7	166.02	369.6

Tabel 5 (lanjutan). Momen *ultimate* balok dengan *construction stage*

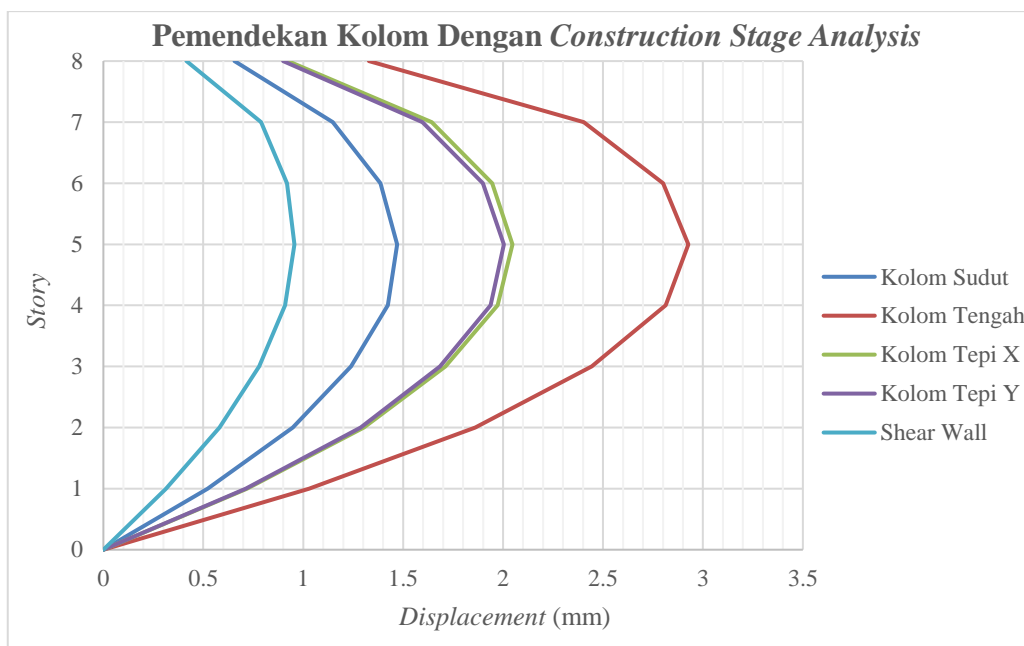
Lantai	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
	Mu+ (kNm)	Mu- (kNm)	Mu+ (kNm)	Mu- (kNm)	Mu+ (kNm)	Mu- (kNm)
8	147.63	409.92	147.63	99.45	129.31	321.04

**Pemendekan kolom/*column shortening***

Untuk perbedaan pemendekan kolom atau *column shortening* akan ditinjau melalui elemen kolom sudut (F-1), kolom tepi sumbu X (F-3), kolom tepi sumbu Y (E-1) dan kolom tengah (D-4) dapat dilihat seperti Gambar 8-9.



Gambar 8. Grafik pemendekan kolom tanpa memperhitungkan *construction stage analysis*.



Gambar 8. Grafik pemendekan kolom dengan memperhitungkan *construction stage analysis*.

## Penulangan

Dari gaya yang sudah didapatkan maka dapat dihitung penulangannya sesuai dengan SNI 2847:2019 (Tabel 6-9).

Tabel 6. Jumlah tulangan longitudinal balok tanpa memperhitungkan *construction stage*

Lantai	Tanpa <i>Construction Stage Analysis</i>					
	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
	+	-	+	-	+	-
1	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22
2	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22
3	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22
4	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22
5	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22
6	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22
7	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22
8	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22	3D22

Tabel 7. Jumlah tulangan longitudinal balok dengan memperhitungkan *construction stage*

Lantai	Dengan <i>Construction Stage Analysis</i>					
	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
	+	-	+	-	+	-
1	3D22	4D22	3D22	3D22	3D22	3D22
2	3D22	5D22	3D22	3D22	3D22	4D22
3	3D22	5D22	3D22	3D22	3D22	5D22
4	3D22	5D22	3D22	3D22	3D22	5D22
5	3D22	5D22	3D22	3D22	3D22	5D22
6	3D22	5D22	3D22	3D22	3D22	4D22
7	3D22	5D22	3D22	3D22	3D22	4D22
8	3D22	5D22	3D22	3D22	3D22	4D22

Tabel 8. Jumlah tulangan transversal balok

Lantai	Tanpa <i>Construction Stage Analysis</i>		Dengan <i>Construction Stage Analysis</i>	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
	1	D13-100	D13-200	D13-100
2	D13-100	D13-200	D13-100	D13-200
3	D13-100	D13-200	D13-100	D13-200
4	D13-100	D13-200	D13-100	D13-200
5	D13-100	D13-200	D13-100	D13-200
6	D13-100	D13-200	D13-100	D13-200
7	D13-100	D13-200	D13-100	D13-200
8	D13-100	D13-200	D13-100	D13-200

Tabel 9. Jumlah tulangan *shear wall* tanpa memperhitungkan *construction stage*

<i>Story</i>	<i>Part</i>	Keterangan	Tulangan Horizontal	Tulangan Vertikal
8F	<i>top</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
	<i>bot</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
7F	<i>top</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
	<i>bot</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
6F	<i>top</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
	<i>bot</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
5F	<i>top</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
	<i>bot</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
4F	<i>top</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
	<i>bot</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
3F	<i>top</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
	<i>bot</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
2F	<i>top</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
	<i>bot</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
1F	<i>top</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450
	<i>bot</i>	Dua Lapis	D16-450	D16-450

Tabel 10. Jumlah tulangan *shear wall* dengan memperhitungkan *construction stage*

<i>Story</i>	<i>Part</i>	Keterangan	Tulangan Horizontal	Tulangan Vertikal
8F	<i>top</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
	<i>bot</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
7F	<i>top</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
	<i>bot</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
6F	<i>top</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
	<i>bot</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
5F	<i>top</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
	<i>bot</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
4F	<i>top</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
	<i>bot</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
3F	<i>top</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
	<i>bot</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
2F	<i>top</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
	<i>bot</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
1F	<i>top</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250
	<i>bot</i>	Satu Lapis	D16-250	D16-250

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis baik tanpa maupun dengan memperhitungkan *construction stage* yang telah dilakukan dengan bantuan program MIDAS GEN maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisa struktur dengan memperhitungkan *construction stage* menghasilkan pemendekan kolom serta deformasi yang berbeda dengan analisa struktur yang tidak memperhitungkan *construction stage*.
2. Terjadi selisih pemendekan kolom terbesar antara *shear wall* dengan kolom tengah. Dengan memperhitungkan *construction stage analysis* sebesar 1,971 mm, sedangkan tanpa memperhitungkan *construction stage analysis* selisih pemendekan yang terjadi sebesar 0,9 mm.
3. Terjadi perbedaan gaya dalam pada balok akibat perbedaan pemendekan antara analisa struktur yang memperhitungkan *construction stage* dengan yang tidak memperhitungkan *construction stage* sebesar 80% untuk momen dan 58% untuk gaya geser. Maka dari itu terjadi perbedaan jumlah tulangan sebesar 2 buah tulangan diameter 22 mm antara kedua analisa struktur.

Jumlah tulangan balok induk pada 2/3 elevasi gedung lebih banyak 2 buah bila memperhitungkan *construction stage* tetapi pada puncak gedung akan lebih sedikit 1 buah dibandingkan dengan analisa tanpa memperhitungkan *construction stage*. hal tersebut terjadi akibat perbedaan pemendekan akibat *construction stage* terbesar pada tingkat 5 gedung sedangkan bila tidak memperhitungkan *construction stage* perbedaan pemendekan terbesar terjadi di puncak gedung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 209. (2008). *Guide for Modeling and Calculating Shrinkage and Creep in Hardened Concrete* (ACI-209.2R-08). American Concrete Institute.
- Badan Pusat Statistik Kota Jakarta Barat. (2021). *Kelembaban Relatif*. <https://jakbarkota.bps.go.id/>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan* (SNI 2847:2019). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DetailSNI/12731>
- Comite Euro-International du Beton. (1990). *CEB-FIP Model Code 1990 Design Code*. Thomas Telford.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung* (PPIUG 1983).
- Logan, D. L. (2011). *A First Course in the Finite Element Method* (edisi kelima). Nelson.
- Manalip, H. (2015). Penempatan Dinding Geser Pada Bangunan Beton Bertulang dengan Analisa Pushover. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*.