

EFFECT SHORTENING COLUMN PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN WESTPOINT

Draga Hasan Saputra

*Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
Dragahasans@gmail.com*

Abstrak

Apartemen Westpoint gedung dengan struktur beton bertulang bertempat pada Jalan Macan kav 4-5 Kedoya Utara, Daan Mogot, Jakarta Barat. Bangunan tersebut merupakan bangunan Apartemen (hunian) dan bangunan fasilitas umum/sosial. Tujuan utama dalam menghitung perpendekan kolom yaitu untuk mengkompensasi deformasi yang diantisipasi di masa depan. Dalam struktur beton perpendekan kolom diantisipasi mungkin terjadi selama bertahun-tahun seperti penyusutan dan creep, kompensasi dibuat selama konstruksi berlangsung. Kompensasi untuk pemendekan kolom diferensial struktur beton bertulang ini relatif sederhana bekisting di sepanjang satu sisi dinaikkan dengan jumlah yang ditentukan. Perencanaan meliputi komponen struktur gedung beton bertulang menggunakan metode sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), serta mengacu pada peraturan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019. Pemodelan, analisis, dan desain struktur menggunakan bantuan program Midas-Gen.

katakunci : *effect, shortening column, proyek, apartement*

1. PENDAHULUAN

Efek perpendekan kolom, baik elastis maupun tidak elastis, menambah signifikansi dan perlu pertimbangan khusus dalam desain dan konstruksi dengan peningkatan ketinggian struktur. Pemotongan kolom diferensial diperbesar dengan mencari keekonomisan yang optimal melalui penggunaan sistem struktur komposit. Ini pada gilirannya, mengubah posisi awal pelat. Akibatnya partisi, peralatan mekanis, pelapis arsitektural, dan perabotan bangunan juga terpengaruh.

Regangan pada kolom bangunan bertingkat rendah dan sangat tinggi adalah serupa jika tingkat tegangannya sama. Namun pemotongan kolom secara keseluruhan bersifat kumulatif dan tergantung pada ketinggian struktur. Misalnya dalam struktur baja 80 lantai, total perpendekan elastis kolom dapat setinggi 7 hingga 10 inci (180 hingga 255 mm) karena tingkat tegangan desain yang tinggi dari baja berkekuatan tinggi modern. Sebagai perbandingan, pada bangunan beton berlantai 80, perpendekan elastis kolom hanya akan berjumlah sekitar 2,5 inci (65 mm) namun, total perubahan panjang kolom beton bertulang

mungkin 7 hingga 9 inci (180 hingga 230 mm) karena penyusutan dan perpendekan.

Efek yang berpotensi membahayakan dari perpendekan besar ini dapat diatasi dengan memberikan detail pada setiap tingkat yang akan memungkinkan elemen struktur vertikal berubah bentuk tanpa menekan, partisi, pelapis, dan sebagainya. Namun demikian rincian tersebut tidak dapat menghilangkan konsekuensi struktural dari perpendekan relatif antara elemen vertikal yang berdekatan ini memperpendek penyimpangan pelat yang didukung oleh anggota vertikal dari posisi yang dimaksudkan.

Penyingkatan elastis yang berbeda dari elemen vertikal dihasilkan dari tingkat tegangan yang berbeda. *Strain creep diferensial* pada elemen vertikal beton dihasilkan dari tingkat tegangan yang berbeda, riwayat pembebanan, rasio tulangan, rasio volume terhadap permukaan, dan kondisi lingkungan. Regangan penyusutan diferensial tidak bergantung pada tingkat tegangan, ini hanya bergantung pada rasio penguatan, rasio volume terhadap permukaan, dan kondisi lingkungan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Pendahuluan

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini maka dibuatlah bangunan beton bertulang bertingkat dimodelkan dan dianalisis menggunakan perangkat lunak analisis struktural ETABS. Dua model terpisah dikembangkan sesuai dengan ketentuan Perancangan Struktur Beton Berdasarkan SNI 2847-2019 dan Perencanaan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2019. Gaya-gaya pada kolom yang diperoleh dari hasil analisis digunakan untuk merancang kolom menggunakan program Prokon. Output desain dibandingkan.

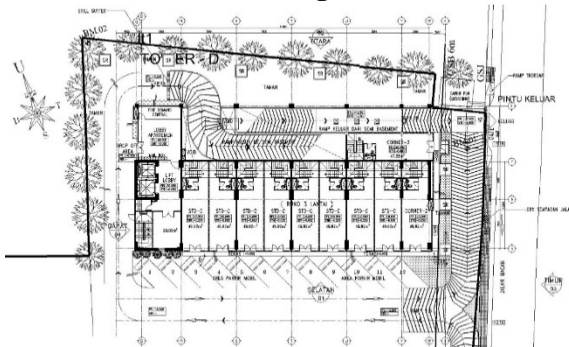
Data Umum Proyek

Nama Proyek	: Proyek Apartemen Westpoint
Pemilik	: PT. Multi Artha Griya
Konsultan Perencana	: PT. Filarindo Engineering
Konsultan Pengawas	: PT. Fajar Nusa Consultans
Kontraktor	: PT. Brantas Abipraya
Lokasi Proyek	: Jalan Macan kav 4-5 Kedoya Utara, Daan Mogot, Jakarta Barat.
Waktu Pelaksanaan	: Juli 2018 – Desember 2019
Masa Pemeliharaan	: 18 Bulan

Data Teknis Proyek

Type Bangunan	: Apartemen Westpoint
Luas Bangunan	: 807.90 m ²
Tinggi Bangunan	: 60 m
Jumlah Lantai	: 20 Lantai

2.2. Gambar Denah Bangunan



Gambar 2.1 Denah Lantai Dasar

Sumber data proyek : Apartemen Westpoint

2.3. Analisis Struktural

Bangunan terdiri atas 2 buah bangunan yaitu : bangunan Apartemen dan bangunan fasilitas umum/sosial. Masing-masing bangunan terdiri dari 21 lantai untuk bangunan Apartemen terhitung dari lantai semi basement

dan 6 lantai untuk bangunan fasilitas umum/sosial terhitung dari lantai semi basement. Pemodelan per bangunan dilakukan untuk mendapatkan kekakuan setiap bangunan. Maka bangunan struktur atas yang perlu dianalisa strukturnya ada 2 bangunan yaitu bangunan Apartemen (21 lantai), bangunan fasilitas umum/sosial (6 lantai). Sistem Struktur yang digunakan adalah sistem ganda yang terdiri dari rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi serta pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul momen. Pilihan pondasi adalah tiang pancang dan sebagai dinding penahan tanah digunakan reinforced concrete wall (Retaining Wall). Pada umumnya, sistem struktur dirancang sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- Untuk kolom = 70%
- Untuk Balok persegi = 70%
- Untuk Balok T = 35%
- Untuk dinding retak = 35%

2.4. Pembebanan

Harus diperiksa kelengkapan pembebanan yang ditinjau dalam perencanaan, baik gravitasi dan beban gempa, maupun kombinasi-kombinasinya. Pada umumnya beban angin tidak menentukan, kecuali untuk perencanaan bagian-bagian struktur tertentu, seperti rangka baja untuk Ornamen atau menara. Beban gempa selalu ditinjau bekerja bersamaan dalam dua arah yaitu 100% dalam satu arah dan 30% dalam arah tegak lurus, kecuali dalam analisis respons dinamik gempa dianggap bekerja dalam satu arah (arah-x atau arah-y). Dalam meninjau beban hidup, perlu diperiksa bagaimana pengambilan faktor-faktor reduksinya (untuk perencanaan pelat lantai, portal dan fondasi serta untuk penentuan beban gempa).

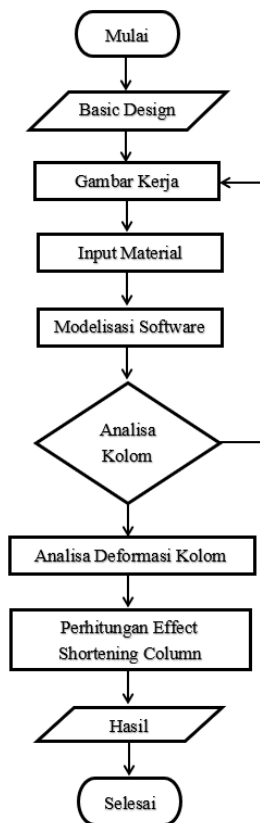
2.5. Metode Desain

Pemodelan tiga dimensi dengan bantuan software MIDAS-GEN. MIDAS adalah software atau aplikasi analisis struktur yang

dikembangkan MIDAS IT dan telah digunakan di seluruh dunia, salah satunya dalam perancangan struktur Burj Khalifa di Dubai, Uni Emirat Arab yang merupakan gedung tertinggi di dunia. Terdapat empat jenis software yang didonasikan sesuai fungsinya, yakni MIDAS Gen (software untuk mendesain bangunan gedung dan struktur umum), MIDAS Civil (software untuk mendesain struktur jembatan), MIDAS GTS NX (software untuk menganalisis masalah geoteknik dan terowongan), dan MIDAS FEA (software untuk menganalisis perilaku non-linier dan fatigue).

2.6. Bagan Alir

Proses perencanaan struktur gedung dalam laporan tugas akhir ini ditampilkan dalam bagan alir (flowchart) berikut :



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pendahuluan

Data yang dikumpulkan untuk menunjang penelitian terdapat dua jenis yaitu data kuantitatif. Data kuantitatif yang digunakan adalah gambar for construction. Gambar for construction yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah denah kolom, detail tulangan kolom, denah balok, detail tulangan balok standar detail. Penelitian dilakukan dengan mengolah data dan pelaksanaan pemodelan menggunakan aplikasi Midas Gen dengan menggunakan gambar for construction dan shop drawing sebagai acuan untuk pemodelan bangunan. Setelah dilaksanakan pemodelan maka diperoleh output data, selanjutnya data tersebut dibandingkan dengan perhitungan manual. Survei dilakukan pada proyek Apartemen Westpoint dengan Ruang lingkup penelitian meliputi pekerjaan struktur Lantai 1-20 (kolom dan balok). Data spesifikasi proyek beserta lokasi penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut:

Data Umum Proyek

Nama Proyek	: Proyek Apartemen Westpoint
Pemilik	: PT. Multi Artha Griya
Konsultan Perencana	: PT. Filarindo Engineering
Konsultan Pengawas	: PT. Fajar Nusa Consultants
Kontraktor	: PT. Brantas Abipraya
Lokasi Proyek	: Jalan Macan kav 4-5 Kedoya Utara, Daan Mogot, Jakarta Barat.
Waktu Pelaksanaan	: Juli 2018 – Desember 2019
Masa Pemeliharaan	: 18 Bulan

Data Teknis Proyek

Type Bangunan	: Apartemen Westpoint
Luas Bangunan	: 807.90 m ²
Tinggi Bangunan	: 60 m
Jumlah Lantai	: 20 Lantai

3.2. Pelaksanaan Survey

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap antara lain dapat dijabarkan sebagai berikut. Pengumpulan data Tahap awal yang dilakukan adalah pengumpulan data untuk menunjang pemodelan Apartemen Westpoint. Pada saat pengumpulan data, peranan instansi yang terkait sangat diperlukan sebagai pendukung dalam menyediakan data-data yang diperlukan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yaitu berupa gambar for construction, shop drawing pada proyek

pembangunan Apartement Westpoint. Data diperoleh melalui PT. Brantas Abipraya sebagai kontraktor pada proyek pembangunan Apartement Westpoint. Gambar for construction yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah denah kolom, detail tulangan kolom, denah balok, detail tulangan balok dan standar detail. Penjabaran mengenai data gambar for construction dapat dijabarkan sebagai berikut:

3.3. Analisa Vibrasi Bebas

Bangunan terdiri atas bangunan (Bangunan Apartemen terdiri 20 lantai). Dalam melakukan pemodelan struktur atas dan bawah dimodelkan secara terpisah. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Ganda. Sehubungan bangunan Tower Westpoint berada pada kelas situs SE dan berjenis tanah lunak, maka digunakan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus.

Input analisa struktur ini adalah :

1. Modulus elastisitas beton : Fc' 25 adalah 2391540 t/m²
Fc' 30 adalah 2583145 t/m²
Fc' 42 adalah 3087497 t/m²
Fc' 45 adalah 3238109 t/m²
2. Crack Section
Efektifitas penampang akibat pengaruh peretakan beton pada struktur :
 - Kolom : 0.7
 - Balok Persegi : 0.7
 - Balok T : 0.35
 - Dinding geser : 0.35
3. P delta
4. Eksentrisitas rencana dihitung menurut rumus :

Untuk $0 < e_c \leq 0.3 b$:

$$e_{d1} = 1.5 e_c + 0.05 b, \text{ atau}$$

$$e_{d2} = e_c - 0.05 b$$

Dari analisis vibrasi bebas diperoleh hasil sebagai berikut:

Periode Getar : $T_1 = \text{detik} \leq C_u T_a = \text{detik}$

Dimana H = m (tinggi lantai terhitung dari lantai semibasement)

Jumlah ragam :

Partisipasi massa : - Translasi - X = 95% \geq 90%

- Translasi - Y = 93% \geq 90%

- Rotasi - Z = 95% \geq 90%

Pola Ragam gerak :

Mode 1, Translasi arah - X = detik

Mode 2, Translasi arah - Y = detik

Mode 3, Rotasi terhadap - Z = detik

3.4. Analisa Dinamik Respon Spektrum

Analisis dinamik respon spectrum dilakukan untuk mendapatkan gaya geser dasar rencana untuk analisis static. Respon spectrum gempa rencana diambil berdasarkan Peraturan . Maka resume respons spektrum gempa rencana yang digunakan yaitu :

Kelas Situs	: SE
Jenis Tanah	: Tanah Lunak
Faktor reduksi gempa	: R = 7
Faktor kuat lebih sistem	: $\Omega_0 = 2,5$
Faktor pembesaran defleksi	: $C_d = 5.5$
Base shear	: $V_x \text{ SRSS} = \text{ton}$
	$V_y \text{ SRSS} = \text{ton}$

3.5. Analisa Dinamik Respon Spektrum

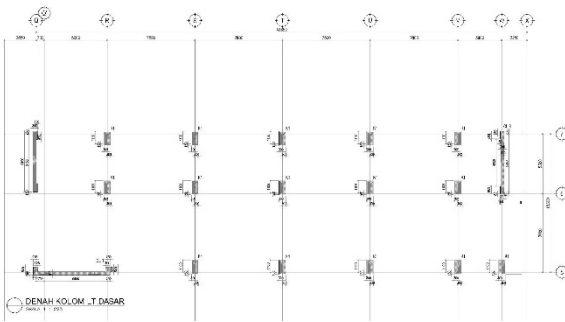
Desain kolom, balok dan wall dilakukan dengan menggunakan program MIDAS GEN. Kolom, balok dan wall didesain sebagai struktur daktail. Sehingga dalam analisa struktur ini tidak terdapat perhitungan "Strong Column Weak Beam" dan "Beam Column Joint".

Kombinasi beban yang digunakan adalah sebagai berikut :

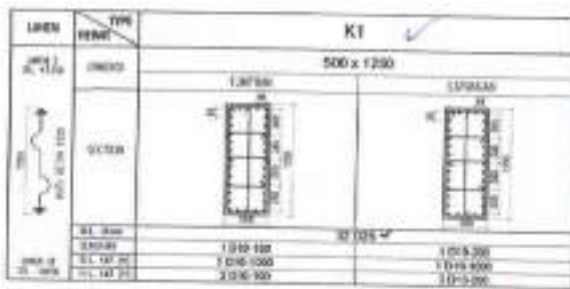
1. 1.4 DL
2. 1.2 DL + 1.6 LL
3. (1.2 DL + 0.2 Sds) + 1.0 LL ± 1.0 EX ± 0.3 EY
4. 1.2 DL + 0.2 Sds) + 1.0 LL ± 0.3 EX ± 1.0 EY
5. (0.9 DL - 0.2 Sds) ± 1.0 EX ± 0.3 EY
6. (0.9 DL - 0.2 Sds) ± 0.3 EX ± 1.0 E

a. Kolom

Pada proyek pembangunan Apartement Westpoint, mutu beton yang digunakan pada struktur kolom adalah K-550. Mutu bahan yang digunakan untuk baja tulangan polos memiliki nilai fy 390 MPa. Denah kolom yang digunakan pada proyek pembangunan Apartement Westpoint dari masing-masing lantai dapat diperlihatkan pada Lampiran.

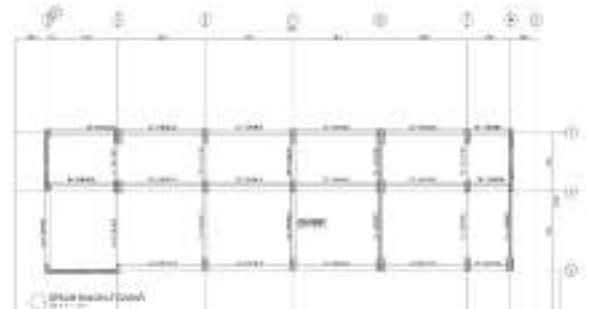


Gambar 3. 1 Denah Kolom Lantai Dasar

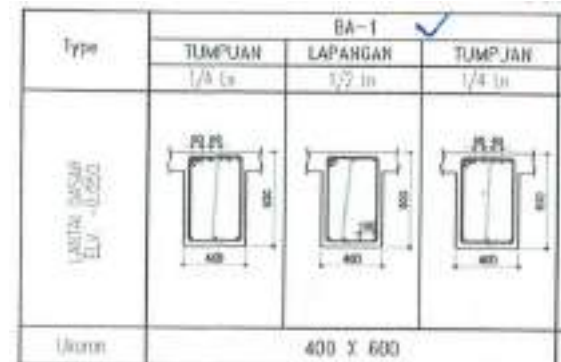


Gambar 3. 2 Detail Tulangan Kolom

b. Balok Pada proyek pembangunan Gedung RS Panti Wilasa, mutu beton yang digunakan pada struktur balok adalah K-550. Mutu bahan yang digunakan untuk baja tulangan polos memiliki nilai fy 390 MPa. Denah balok yang digunakan pada proyek pembangunan Apartement Westpoint dari masing-masing lantai dapat diperlihatkan pada Lampiran.



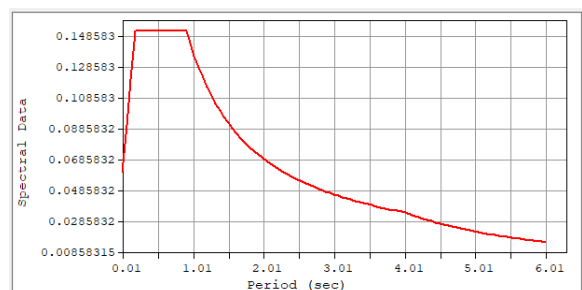
Gambar 3. 3 Denah Balok Lantai Dasar

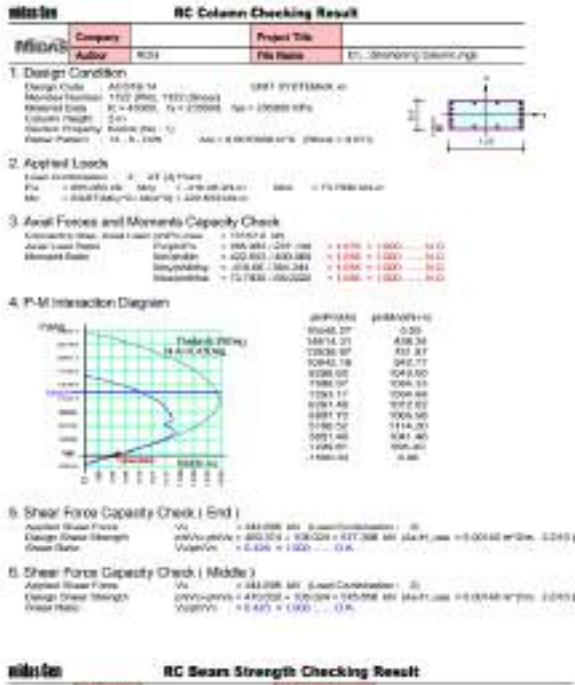


Gambar 3. 4 Detail Tulangan Balok

c. Tahap Pemodelan Setelah pengumpulan data kemudian dilakukan pemodelan. Pemodelan dapat dilakukan apabila gambar for construction dan shop drawing telah diperoleh. Pemodelan struktur Gedung menggunakan software Midas Gen. Pemodelan dilakukan pada tahap pekerjaan struktur atas meliputi kolom, dan balok. Beberapa hal yang dilakukan pada saat pemodelan antara lain sebagai berikut:

- Menggambar struktur bangunan meliputi kolom, dan balok.
- Menggambar detail tulangan meliputi struktur kolom, dan balok.





- Data – Data yang digunakan untuk mengitung *Creep & Shrinkage* :
- Kuat tekan beton f_c' : 45 MPa
 - Umur beton saat curing dimulai : 7 Hari
 - Umur beton saat pembebanan : 7 Hari
 - Metode curing : Moist Curing
 - Kelembaban : 70%
 - Rasio permukaan volume : 179 mm
 - Slump beton : 120 mm
 - Persentase agregat halus : 31%
 - Konten Semen : 446 kg/m³
 - Kandungan air beton dinyatakan dalam persen : 0,1%

Gambar 3.5 Hasil perhitungan balok dengan menggunakan software Midas-Gen

Creep coefficient calculation process :

$$\phi_u = 2.35 \cdot \gamma_c$$

$$\gamma_c = \gamma_{c,t_0} \cdot \gamma_{c,RH} \cdot \gamma_{c,vs} \cdot \gamma_{c,s} \cdot \gamma_{c,\psi} \cdot \gamma_{c,\alpha}$$

$$\gamma_{c,t_0} = 1,25 \cdot t_0^{-0,118} \text{ untuk perawatan lembab (standar 7 hari)}$$

$$= 1,25 \cdot 7^{-0,118} = 0,994$$

$$\gamma_{c,RH} = 1,27 - 0,67h \text{ untuk } h \geq 0,40$$

$$= 1,27 - 0,67(0,70) = 0,801$$

$$\gamma_{c,vs} = \frac{2}{3} \cdot \left(1 + 1,13e^{(-0,0212(\frac{t}{3})^2)}\right)$$

$$= \frac{2}{3} \cdot (1 + 1,13 \cdot 2,718^{(-0,0212(1,79)^2)}) = 0,684$$

$$\gamma_{c,s} = 0,82 + 0,00264s$$

$$= 0,82 + 0,00264(120) = 1,137$$

$$\gamma_{c,\psi} = 0,88 + 0,0024\psi$$

$$= 0,88 + 0,0024(31\%) = 0,881$$

$$\gamma_{c,\alpha} = 0,46 + 0,09\alpha$$

$$= 0,46 + 0,09(0,01) = 0,4609 \geq 1,0$$

$$\gamma_c = \gamma_{c,t_0} \cdot \gamma_{c,RH} \cdot \gamma_{c,vs} \cdot \gamma_{c,s} \cdot \gamma_{c,\psi} \cdot \gamma_{c,\alpha}$$

$$= 0,994 \cdot 0,801 \cdot 0,684 \cdot 1,137 \cdot 0,881 \cdot 1 = 0,545$$

$$\phi_u = 2,35 \cdot \gamma_c$$

$$= 2,35 \cdot 0,545 = 1,28$$

Shrinkage strain calculation process:

$$\epsilon_{sh} = 780 \cdot \gamma_{sh} \times 10^{-6} \text{ mm/mm}$$

$$\gamma_{sh} = \gamma_{sh,t_0} \cdot \gamma_{sh,RH} \cdot \gamma_{sh,vs} \cdot \gamma_{sh,s} \cdot \gamma_{sh,\psi} \cdot \gamma_{sh,c} \cdot \gamma_{sh,\alpha}$$

$\gamma_{sh,t_0} = 1$ for moist curing ($t_c = 7$ days)

$$\gamma_{sh,RH} = 1,40 - 1,02h$$

$$= 1,40 - 1,02(0,7) = 0,686$$

$$\gamma_{sh,vs} = 1,2e^{(-0,00472(\frac{t}{3})^2)}$$

$$= 1,2 \cdot 2,718^{(-0,00472(1,79)^2)} = 0,515$$

$$\gamma_{sh,s} = 0,89 + 0,00161s$$

$$= 0,89 + 0,00161(120) = 1,083$$

$$\gamma_{sh,\psi} = 0,30 + 0,014 \psi$$

$$= 0,30 + 0,014(0,31) = 0,73$$

$$\gamma_{sh,c} = 0,75 + 0,00061c$$

$$= 0,75 + 0,00061(446) = 1,022$$

$$\gamma_{sh,\alpha} = 0,95 + 0,08 \alpha \geq 1,0$$

$$= 0,95 + 0,08(0,01) = 0,9508 \geq 1$$

$$\gamma_{sh} = \gamma_{sh,t_0} \cdot \gamma_{sh,RH} \cdot \gamma_{sh,vs} \cdot \gamma_{sh,s} \cdot \gamma_{sh,\psi} \cdot \gamma_{sh,c} \cdot \gamma_{sh,\alpha}$$

$$= 1,0 \cdot 0,686 \cdot 0,515 \cdot 1,083 \cdot 0,73 \cdot 1,022 \cdot 0,9508 = 0,277$$

$$\epsilon_{sh} = 780 \cdot \gamma_{sh} \times 10^{-6} \text{ mm/mm}$$

$$= 780 \cdot 0,113 \times 10^{-6} \text{ mm/mm} = 2,16 \times 10^{-4} \text{ mm/mm}$$

Column shortening

P = 13157 kN
 $t_0 = 7$ days
 A = 500 x 1250 = 625000 mm²
 H = 3 meter
 $f_{cm28} = 45$ MPa
 $\gamma_c = 2400$ kg/m³
 $\sigma_c = \frac{P}{A} = 21$ MPa

Elastic Shortening :

Dengan asumsi a = 4 & b = 0,85

$$f_{cmto} = \left[\frac{t}{a+bt}\right] f_{cm28} = 31,65 \text{ MPa}$$

$$E_{cmto} = 0,043\gamma_c^{1,5} \sqrt{f_{cmto}} = 26.820 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_e(t_0) = \frac{\sigma_c}{E_{cmto}} = 7,82 \times 10^{-4}$$

$$\Delta_{elastic} = \epsilon_e(t_0) \cdot H = 2,34 \text{ mm}$$

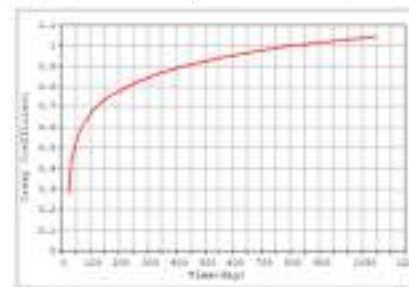
Inelastic shortening due to creep

$$E_{cmto} = 26.820 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_e(t_0) = 7,82 \times 10^{-4}$$

Time (day)	$\phi(t, t_0)$
25,89	2,77E+03
30,47	3,68E+03
35,85	4,79E+03
42,89	4,77E+03
49,65	5,18E+03
58,43	5,53E+03
68,77	5,88E+03
80,93	6,20E+03
95,23	6,51E+03
112,07	6,80E+03
131,89	7,08E+03
153,21	7,36E+03

Time (day)	$\phi(t, t_0)$
182,65	7,63E+03
214,95	7,90E+03
252,87	8,17E+03
297,68	8,43E+03
350,32	8,68E+03
412,28	8,95E+03
485,65	9,21E+03
570,92	9,48E+03
671,88	9,75E+03
790,68	9,96E+03
930,48	1,02E+04
1095	1,04E+04



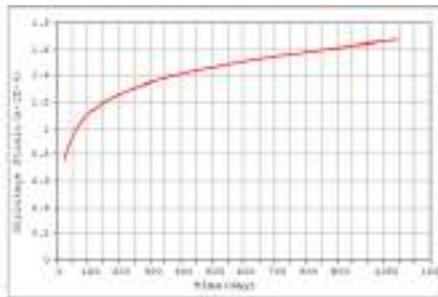
Gambar 3.5 Grafik Creep

Setelah 3 tahun, $\phi(t, t_0) = 1,04$

$$\epsilon_c(t, t_0) = \epsilon_e(t_0) \cdot \phi(t, t_0) = 8,13 \times 10^{-4}$$

$$\Delta_{creep} = \epsilon_c(t, t_0) \cdot H = 2,43 \text{ mm}$$

Time (day)	$\phi(t, t_0)$	Time (day)	$\phi(t, t_0)$
25.89	-7.56E-01	182.65	-1.24E+00
30.47	-7.97E-01	214.95	-1.27E+00
35.85	-8.38E-01	252.95	-1.31E+00
42.19	-8.80E-01	297.68	-1.34E+00
49.65	-9.21E-01	350.31	-1.38E+00
58.43	-9.62E-01	412.26	-1.42E+00
68.77	-1.00E+00	485.15	-1.45E+00
80.93	-1.04E+00	570.93	-1.49E+00
95.23	-1.08E+00	671.88	-1.53E+00
112.07	-1.12E+00	790.68	-1.58E+00
131.89	-1.16E+00	930.48	-1.62E+00
155.21	-1.20E+00	1095.00	-1.67E+00



Isolatisir shorisring due to shrinkage

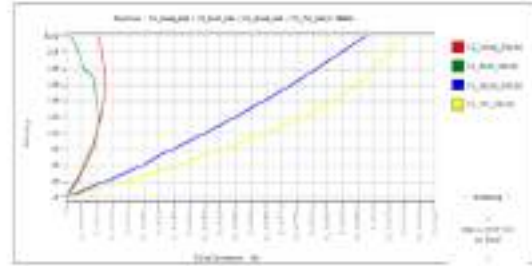
Setelah 3 tahun, $\epsilon_{sh}(t, t_0) = 1,67 \times 10^{-4}$

$$\Delta_{shrinkage} = \epsilon_{sh}(t, t_0) \cdot H = 5,01$$

Total shorisning setelah 3 tahun :

$$\begin{aligned} \Delta_{total} &= \Delta_{plastic} + \Delta_{creep} + \Delta_{shrinkage} \\ &= 2,34 + 2,43 + 5,01 \\ &= 9,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

Serv	Cl_Creep_Sub	Cl_Elast_Sub	Cl_Shrnk_Sub	Cl_Td_Sub
21	0.00104	0.000135	0.00975	0.010925
20	0.001099	0.000258	0.009373	0.01073
19	0.001149	0.000367	0.008988	0.010504
18	0.001191	0.000463	0.008594	0.010248
17	0.001229	0.000545	0.008192	0.009965
16	0.001245	0.000836	0.00778	0.009861
15	0.001243	0.000889	0.007358	0.00949
14	0.001231	0.000926	0.006925	0.009083
13	0.001211	0.000946	0.006482	0.008639
12	0.001184	0.001017	0.006026	0.008228
11	0.001135	0.001089	0.005558	0.007782
10	0.001067	0.001058	0.005076	0.007201
9	0.000987	0.001009	0.004579	0.006575
8	0.000896	0.000941	0.004066	0.005902
7	0.000793	0.000855	0.003534	0.005182
6	0.000679	0.000752	0.002981	0.004411
5	0.000561	0.000632	0.002516	0.003709
4	0.000434	0.000496	0.001932	0.002862
3	0.000297	0.000345	0.001322	0.001963
2	0.000152	0.000179	0.000681	0.001011
1	0	0	0	0

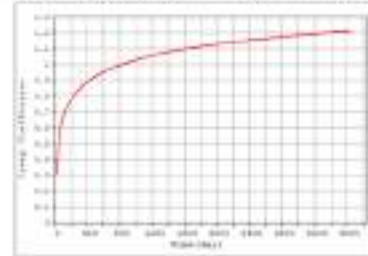


Isolatisir shorisring due to creep

$$E_{concr} = 26.820 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_e(t_0) = 7,82 \times 10^{-4}$$

Time (day)	$\phi(t, t_0)$	Time (day)	$\phi(t, t_0)$
27.22	3.11E+03	350.63	8.99E+03
23.86	4.07E+03	433.88	9.91E+03
41.88	4.73E+03	535.84	9.29E+03
51.57	5.22E+03	668.28	9.69E+03
65.81	5.73E+03	821.92	1.09E+04
78.96	6.18E+03	1017.81	1.18E+04
97.70	6.52E+03	1238.48	1.26E+04
120.89	6.92E+03	1487.89	1.32E+04
148.58	7.38E+03	1976.88	1.39E+04
185.88	7.83E+03	2593.88	1.45E+04
228.91	8.31E+03	3448.84	1.49E+04
283.17	8.82E+03	4618.88	1.52E+04

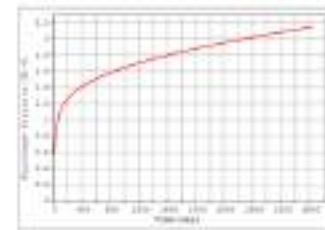


Setelah 10 tahun, $\phi(t, t_0) = 1,23$

$$\epsilon_c(t, t_0) = \epsilon_e(t_0) \cdot \phi(t, t_0) = 9,64 \times 10^{-4}$$

$$\Delta_{creep} = \epsilon_c(t, t_0) \cdot H = 2,85 \text{ mm}$$

Time (day)	$\phi(t, t_0)$	Time (day)	$\phi(t, t_0)$
12.79	-1.87E-01	214.29	-1.38E+00
18.12	-6.52E-01	312.27	-1.22E+00
22.61	-1.01E-01	429.62	-1.44E+00
28.70	-1.64E-01	578.73	-1.47E+00
34.18	-1.52E-01	753.07	-1.37E+00
40.71	-1.10E-01	953.98	-1.58E+00
47.89	-8.51E-01	1181.78	-1.68E+00
54.47	-1.61E-01	1444.21	-1.74E+00
61.18	-1.67E-01	1741.87	-1.83E+00
68.92	-1.11E-01	2071.28	-1.93E+00
76.88	-1.19E-01	2544.56	-2.01E+00
85.00	-1.73E-01	3070.88	-2.12E+00



Inelastic shortening due to shrinkage :

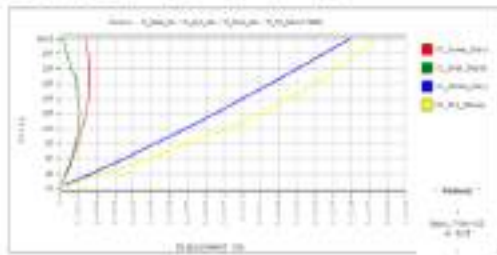
Setelah 10 tahun, $\varepsilon_{sh}(t, t_c) = 2,15 \times 10^{-4}$

$$\Delta_{shrinkage} = \varepsilon_{sh}(t, t_c) \cdot H = 6,45$$

Total shortening setelah 10 tahun :

$$\begin{aligned} \Delta_{total} &= \Delta_{elastic} + \Delta_{creep} + \Delta_{shrinkage} \\ &= 2,34 + 2,83 + 6,45 \\ &= 11,62 \text{ mm} \end{aligned}$$

Area	CI Creep (mm)	CI Shrink (mm)	CI Total (mm)	CI Total (mm)
11	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
12	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
13	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
14	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
15	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
16	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
17	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
18	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
19	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
20	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
21	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
22	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
23	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
24	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
25	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
26	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
27	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
28	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
29	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
30	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
31	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
32	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
33	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
34	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
35	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
36	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
37	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
38	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
39	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
40	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
41	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
42	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
43	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
44	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
45	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
46	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
47	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
48	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
49	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
50	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
51	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
52	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
53	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
54	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
55	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
56	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
57	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
58	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
59	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
60	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
61	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
62	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
63	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
64	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
65	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
66	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
67	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
68	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
69	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
70	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
71	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
72	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
73	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
74	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
75	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
76	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
77	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
78	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
79	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
80	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
81	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
82	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
83	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
84	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
85	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
86	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
87	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
88	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
89	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
90	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
91	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
92	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
93	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
94	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
95	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
96	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
97	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
98	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
99	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034
100	0,00017	0,00017	0,00034	0,00034



4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa yang telah dilakukan untuk mengoptimasi struktur kolom pada Apartement Westpoint dengan memperhitungkan effect shortening column, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Effect shortening column akan mempengaruhi elemen structural dan non structural. Dari segi non structural akan menyebabkan kerusakan pada kaca, partisi, cladding, elevasi lantai yang akan berubah, dan kemiringan – kemiringan pada mecanikal equitment . Dan pada segi struktural akan mempengaruhi dari segi gaya dalam, dan akan terjadi perubahan distribusi beban, dan kemungkinan akan terjadi

distorsi pada elemen – elemen horizontal.

- 2) Berdasarkan analisis menggunakan software nilai total shortening column setelah 3 tahun adalah 10,92 mm dan nilai total shortening column setelah 10 tahun adalah 17,45 mm. Dan berdasarkan perhitungan manual nilai total shortening column setelah 3 tahun adalah 9,78 mm, dan nilai total shortening column setelah 10 tahun adalah 11,62 mm. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin lama shortening column akan semakin besar.
- 3) Menganalisis terlebih dahulu material properti, pembebanan. Untuk mengantisipasi terjadinya shortening column maka ketinggian pengecoran dlebihkan terhadap rencana sesuai hasil susut dan rangkak.

DAFTAR PUSTAKA

- Viska Dewinta Putri, “Studi Perbandingan Penggunaan Kolom Tegak dan Kolom Miring Pada UPT DSMKU” Universitas Jember, 2017.
- Angghi Riyanto, “Analisa Perhitungan Volume Besi Dan Beton Pada Struktur Kolom Gedung Tower 1 Proyek Meisterstadt Batam” Universitas Internasional Batam, 2018
- Wang dan Ferguson, “Jenis-jenis kolom”, 1986
- Istimawan Dipohusodo, “Dalam buku struktur beton bertulang”, 1994
- Fintel, Mark Ghosh, S. K. and Iyengar Hal. “Column Shortening in Tall Structures - Prediction and Compensation (EB108.01D)” Portland Cement Association, 1987
- SNI 2847-2019, “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung” Jakarta: BSN, 2019.
- SNI 1726-2019, “Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan non-Gedung” Jakarta: BSN, 2019.

- Samir Bashir, "Design of Short Columns According to ACI 318-11 and BS 8110-97: a Comparative Study Based on Conditions in Nigeria." A Thesis Submitted to the Graduate School of Applied Sciences of Near East University, 2014.
- Benjamin Lumantarna & Steven, David Budiono, "Pengaruh Rangkak (creep) pada Bangunan Tinggi" Universitas Kristen Petra, 2003.
- Gabby Rizkiyana Khalawi, "Studi Susut Beton Berkinerja Tinggi Tanpa Menggunakan *FLY ASH* Pada Arah Vertikal" Universitas Indonesia, 2021
- Irma Aswani Ahmad, Nur Anny Suryaningsih Taufieq, & Abdul Hamid Aras, "Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton" Universitas Negeri Makassar, 2009
- DR. Ir. FX Supartono, "HAKI Short Course", Jakarta, 2020