

# PENGARUH RANGKAK (*CREEP*) PADA BANGUNAN TINGGI

**Benjamin Lumantarna**

Dosen Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

**Steven, David Budiono**

Alumni Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

## ABSTRAK

Perubahan bentuk inelastis yang disebabkan oleh rangkak (*creep*) dapat menyebabkan perubahan momen pada tumpuan balok. Penelitian ini mempelajari pengaruh rangkak dan membandingkan hasil perhitungan yang diperoleh terhadap metode pembebanan langsung dan pembebanan *sequential*. Untuk memperhitungkan pengaruh rangkak, diusulkan suatu metode penyederhanaan di mana digunakan konsep Modulus Elastisitas Ekuivalen. Dalam penelitian ini ditinjau 4 buah bangunan, yaitu bangunan 10, 20, 30 dan 40 lantai dengan dinding geser tebal 30 cm., pengaruh rangkak diperhatikan pada saat bangunan berumur 5, 10, 15, dan 20 tahun.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antara rangkak 5, 10, 15, dan 20 tahun. Dibandingkan dengan metode *sequential*, metode pembebanan langsung lebih mendekati hasil yang diberikan perhitungan dengan memasukkan pengaruh rangkak. Juga ditunjukkan bahwa selain pada bangunan 10 lantai, akibat rangkak akan terjadi retak pada beberapa tumpuan, sehingga dalam perencanaan harus dimungkinkan terjadinya redistribusi momen dari tumpuan ke lapangan.

Kata kunci: Bangunan Tinggi, Rangkak, Pembebanan *Sequential*, Pembebanan Langsung.

## ABSTRACT

*Inelastic deformation due to creep can cause dramatic change of end moment of beams. In this study the influence of creep to end moments is compared with the ones calculated using direct and sequential load methods. An approximate method using Equivalent Modulus of Elasticity is proposed. Four shear wall frame buildings, 10, 20, 30, and 40 stories with 30 cm shear wall are subjected to 5, 10, 15, and 20 years creep.*

*It is shown that the difference between the 5, 10, 15, and 20 years creep are not significant. Compared to the sequential method, the direct method gives a better result to the creep. It is also shown that except for the 10 story building, the end moments caused by the development of creep deformation can cause cracks, thus the ability of the beams to redistribute the end moment must be assured.*

*Keywords: Tall Building, Creep, Sequential Loading, Direct Loading.*

## PENDAHULUAN

Analisa struktur pada bangunan bertingkat rendah, biasanya dilakukan dengan menggunakan model struktur yang telah selesai tanpa memperhatikan proses pembangunan. Pembebanan diberikan seakan-akan berat sendiri dan beban-beban lain tidak bekerja pada saat pembangunan dan baru langsung bekerja setelah struktur selesai. Cara perhitungan seperti

ini dinamakan Metode Pembebanan Langsung. Untuk bangunan bertingkat tinggi metode ini dapat menyebabkan akumulasi perbedaan perpindahan elastis kolom yang cukup besar dan dapat mengakibatkan terjadinya tambahan tegangan yang cukup besar pada balok-balok yang menghubungkan kolom-kolom tersebut [1,2,3]. Untuk mengatasi masalah perpindahan elastis ini, Emkin [1] mengusulkan penggunaan Metode Pembebanan *Sequential* di mana perhitungan struktur dilakukan sesuai dengan tahapan pembangunan. Beberapa ahli lain menggunakan metode yang dinamakan *Reverse Sequential* [2,3]. Ketiga metode tersebut tidak memperhatikan perpindahan inelastis

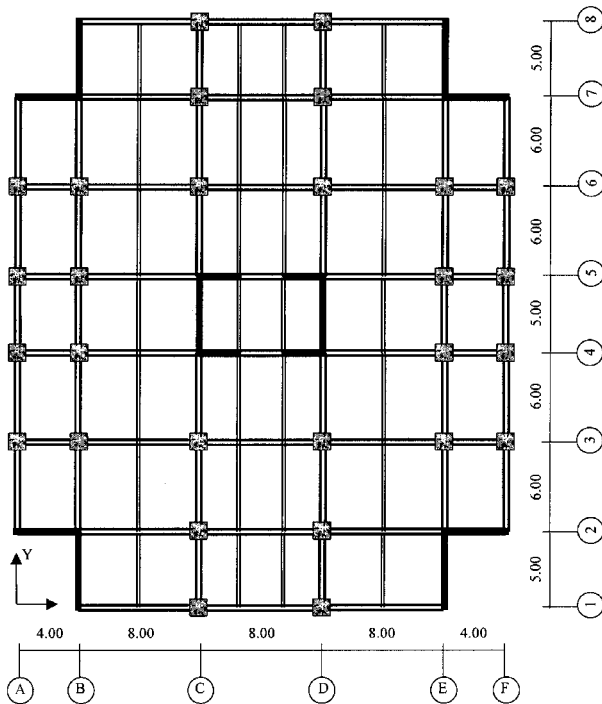
---

**Catatan:** Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juni 2003. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil Volume 5 Nomor 2 September 2003.

kolom akibat rangkak (*creep*). Penelitian ini mencoba memperhatikan pengaruh rangkak dengan melakukan modifikasi pada Modulus Elastisitas dan membandingkan gaya dalam yang didapat dengan hasil perhitungan dengan metode pembebanan *sequential* dan metode pembebanan langsung.

### BANGUNAN YANG DITINJAU

Dalam penelitian ini ditinjau empat bangunan yaitu bangunan portal dengan dinding geser (*shear wall frame*) berlantai 10, 20, 30 dan 40. Perhitungan rangkak dilakukan untuk usia bangunan 5, 10, 15, dan 20 tahun. Denah bangunan ditunjukkan dalam Gambar 1. Dimensi kolom, balok, plat dan dinding geser diberikan dalam Tabel 1.



Gambar 1. Denah Bangunan 10, 20, 30 dan 40 lantai.

Tabel 1. Dimensi Kolom, Balok, Plat dan Dinding Geser

Dimensi	Keterangan	10 Lantai	20 Lantai	30 Lantai	40 Lantai
Balok :	Bentang 4 m	50 x 25 cm <sup>2</sup>	50 x 25 cm <sup>2</sup>	50 x 25 cm <sup>2</sup>	50 x 25 cm <sup>2</sup>
	Bentang 5 m	60 x 30 cm <sup>2</sup>	60 x 30 cm <sup>2</sup>	60 x 30 cm <sup>2</sup>	60 x 30 cm <sup>2</sup>
	Bentang 6 m	60 x 30 cm <sup>2</sup>	60 x 30 cm <sup>2</sup>	60 x 30 cm <sup>2</sup>	60 x 30 cm <sup>2</sup>
	Bentang 8 m	70 x 40 cm <sup>2</sup>	70 x 40 cm <sup>2</sup>	70 x 40 cm <sup>2</sup>	70 x 40 cm <sup>2</sup>
	Balok Anak	50 x 25 cm <sup>2</sup>	50 x 25 cm <sup>2</sup>	50 x 25 cm <sup>2</sup>	50 x 25 cm <sup>2</sup>
Kolom :	Lantai 1-5	60 x 60 cm <sup>2</sup>	80 x 80 cm <sup>2</sup>	100 x 100 cm <sup>2</sup>	120 x 120 cm <sup>2</sup>
	Lantai 6-10	60 x 60 cm <sup>2</sup>	80 x 80 cm <sup>2</sup>	100 x 100 cm <sup>2</sup>	120 x 120 cm <sup>2</sup>
	Lantai 11-20	-	60 x 60 cm <sup>2</sup>	80 x 80 cm <sup>2</sup>	100 x 100 cm <sup>2</sup>
	Lantai 21-30	-	-	60 x 60 cm <sup>2</sup>	80 x 80 cm <sup>2</sup>
	Lantai 31-40	-	-	-	60 x 60 cm <sup>2</sup>
Plat :		12 cm	12 cm	12 cm	12 cm
Dinding Geser:		30 cm	30 cm	30 cm	30 cm

### TEORI RANGKAK (CREEP)

Menurut *Canadian Prestressed Concrete Institute (CPCI) Metric Design Manual* [4] besar regangan rangkak (*creep strain*) pada beton dapat dihitung sebagai berikut:

$$\epsilon_{cr} = \epsilon_i \cdot [t^{0.6} / (10 + t^{0.6})] \cdot C_u \cdot Q_{cr} \quad (1)$$

di mana

$\epsilon_i$  = regangan rangkak (*initial strain*), yaitu strain elastis (awal) yang terjadi akibat pembebanan =  $\sigma / E_i$

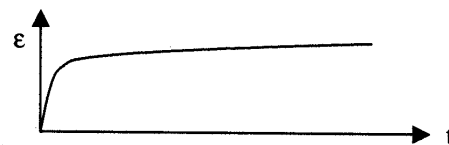
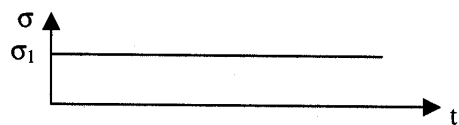
t = waktu sejak pembebanan diberikan (dalam hari)

$C_u$  = Koefisien rangkak ultimit (*ultimate creep coefficient*) yang nilainya bervariasi antara 1.30 sampai 4.15. Bila tidak terdapat data rangkak yang spesifik, nilai  $C_u$  diambil sebesar 2.35.

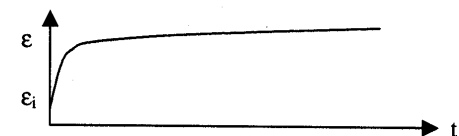
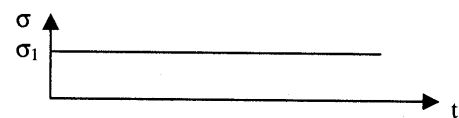
$Q_{cr}$  = Faktor modifikasi rangkak (*Creep modifications factor*) untuk keadaan non-standar.

Untuk beton dalam keadaan standar, nilai  $Q_{cr}$  diambil sebesar 1.00. Beton dalam keadaan standar adalah beton yang memenuhi persyaratan berikut: beton dibebani setelah umur 7 hari, kelembaban relatif 40%, berat agregat halus yang dipakai 50% dari berat total agregat, *volume-to-surface ratio* sebesar 38 mm, *slump* beton 70 mm dan kadar udara dalam beton ≤6%.

Dari rumusan *CPCI* di atas, dapat digambar kurva hubungan antara regangan rangkak dengan waktu, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. Regangan total yang merupakan jumlah antara regangan rangkak dan regangan awal (elastis) ditunjukkan dalam Gambar 3.

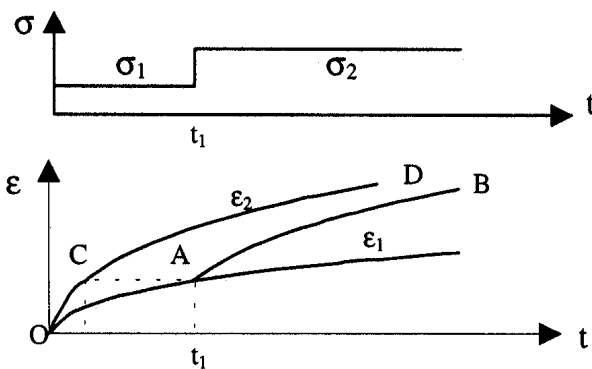


Gambar 2. Regangan Rangkak



Gambar 3. Regangan Total

Pada kondisi di mana beton mengalami penambahan beban (tegangan) seperti penambahan beban pada kolom bangunan tinggi akibat beban mati pada saat pelaksanaan, kurva regangan rangkak yang terjadi juga berubah. Bila tegangan yang bekerja pada beton meningkat dari  $\sigma_1$  ke  $\sigma_2$  pada waktu,  $t = t_1$ , kurva regangan rangkak yang terjadi adalah kurva OAB seperti ditunjukkan dalam Gambar 4 [5,6,7]. Kurva OA menunjukkan regangan rangkak yang terjadi karena tegangan konstan  $\sigma_1$ , sedangkan kurva OD menunjukkan regangan rangkak untuk tegangan konstan  $\sigma_2$ , sedangkan kurva AB, identik dengan CD yang diperoleh dengan menggeser kurva CD ke kanan, sehingga titik C berada di titik A.



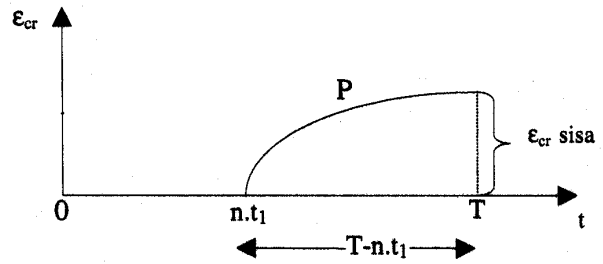
Gambar 4. Kurva Regangan Rangkak untuk Pembebanan yang Berubah

### PERHITUNGAN PENGARUH RANGKAK DALAM ANALISA STRUKTUR

Program analisa struktur yang umum dipakai [8], tidak mempunyai fasilitas untuk memperhitungkan pengaruh rangkak. Dalam penelitian ini pengaruh rangkak diperhitungkan dengan menggunakan konsep ‘modulus elastisitas ekuivalen’,  $E_{cr}$ , yang dapat diperoleh sebagai berikut.

#### Modulus Elastisitas Ekuivalen, $E_{cr}$ , untuk kolom lantai ke n

Dalam bangunan tinggi, beban yang terjadi akibat berat sendiri terjadi secara *incremental*, sehingga kalau T adalah waktu peninjauan pengaruh rangkak, maka untuk regangan rangkak yang terjadi pada lantai ke-n pada saat waktu peninjauan, Rumus 1 harus diubah menjadi seperti ditunjukkan dalam Rumus 2 (Gambar 5).



Gambar 5. Regangan Rangkak pada Lantai ke-n

$$\epsilon_{cr}(T) = \left( \frac{P}{AE_i} \right) \cdot \left[ \frac{(T-n.t_1)^{0.6}}{(10+(T-n.t_1)^{0.6})} \right] \cdot C_u \cdot Q_{cr} \quad (2)$$

Pengaruh rangkak yang harus diperhitungkan sampai waktu T, adalah rangkak sisa,  $\epsilon_{cr}$  sisa =  $\epsilon_{cr}(T)$

Rangkak sisa ini dapat di peroleh dengan analisa elastis menggunakan ‘modulus elastisitas ekuivalen’,  $E_{cr}$

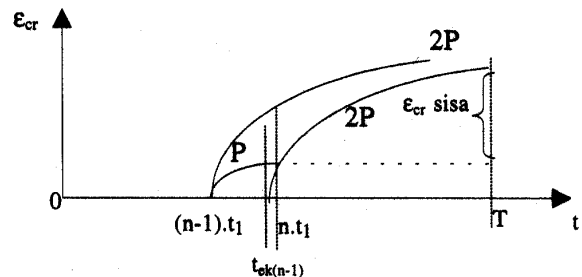
$$E_{cr} = E_i / \left\{ \left[ \frac{(T-n.t_1)^{0.6}}{(10+(T-n.t_1)^{0.6})} \right] C_u Q_{cr} \right\} \quad (3)$$

dalam kedua persamaan diatas dan persamaan-persamaan berikutnya;

- P = beban yang dipikul satu kolom dengan tributary area
- A = luas penampang kolom
- $E_i$  = modulus elastisitas beton =  $4700 \cdot \sqrt{f_c}$
- T (waktu) = waktu peninjauan rangkak pada bangunan
- n = jumlah lantai bangunan
- $t_1$  (waktu) = waktu pembangunan untuk satu lantai
- $C_u$  = koefisien rangkak ultimit
- $Q_{cr}$  = faktor modifikasi rangkak
- $\epsilon_{cr}$  sisa = regangan rangkak yang terjadi setelah pembangunan selesai sampai dengan saat peninjauan pengaruh rangkak

#### Modulus Elastisitas Ekuivalen, $E_{cr}$ , untuk lantai ke (n-1)

Regangan rangkak yang terjadi pada lantai ke-(n-1) (Gambar 6) dapat diturunkan sebagai berikut.



Gambar 6. Regangan Rangkak pada lantai ke-(n-1)

Regangan rangkak yang telah terjadi pada lantai ke (n-1) pada saat selesainya pembangunan ( $t_1$ ) adalah,

$$\epsilon_{cr(t)} = (P / AE_i) \cdot [t_1^{0.6} / (10 + t_1^{0.6})] \cdot C_u \cdot Q_{cr} \quad (4)$$

sehingga ujung curva rangkak yang terakhir  $t_{ek(n-1)}$ , dapat diperoleh sebagai

$$t_{ek(n-1)} = [10 \cdot A \cdot E_i \cdot \epsilon_{cr(t)} / (C_u \cdot Q_{cr} \cdot 2P - A \cdot E_i \cdot \epsilon_{cr(t)})]^{5/3}$$

yang dengan memperhatikan (4) dapat diubah menjadi:

$$t_{ek(n-1)} = \left( \frac{10 \cdot t_1^{0.6}}{20 + t_1^{0.6}} \right)^{5/3} \quad (5)$$

sehingga dengan menggunakan  $t_{ek(n-1)}$  sebagai sumbu referensi, didapat

$$\epsilon_{cr(T)} = (2P/AE_i) \cdot [(t_{ek(n-1)} + (T-n \cdot t_1))^{0.6} / (10 + (t_{ek(n-1)} + (T-n \cdot t_1))^{0.6})] \cdot C_u \cdot Q_{cr} \quad (6)$$

$$\epsilon_{cr \text{ sisa}} = \epsilon_{cr(T)} - \epsilon_{cr(t)}$$

dengan demikian diperoleh modulus elastisitas ekuivalen untuk kolom lantai ke (n-1) sebagai

$$E_{cr} = \frac{2 E_i / (C_u \cdot Q_{cr})}{\left( \frac{2 [t_{ek(n-1)} + T - n \cdot t_1]^{0.6}}{10 + [t_{ek(n-1)} + T - n \cdot t_1]^{0.6}} - \frac{t_1^{0.6}}{10 + t_1^{0.6}} \right)} \quad (7)$$

### Modulus Elastisitas Ekuivalen, $E_{cr}$ , untuk lantai ke (n-k)

Memperhatikan penurunan untuk lantai ke (n-1), untuk lantai ke (n-k) didapatkan:

$$t_{ek(n-k)} = \left( \frac{10 \cdot k \cdot [t_{ek(n-k+1)} + t_1]^{0.6}}{10 \cdot (k+1) + [t_{ek(n-k+1)} + t_1]^{0.6}} \right)^{5/3} \quad (8)$$

Modulus elastisitas ekuivalen untuk kolom lantai ke (n-k),

$$E_{cr} = \frac{(k+1) E_i / (C_u \cdot Q_{cr})}{\left( \frac{(k+1) [t_{ek(n-k)} + T - n \cdot t_1]^{0.6}}{10 + [t_{ek(n-k)} + T - n \cdot t_1]^{0.6}} - \frac{k \cdot [t_{ek(n-k+1)} + t_1]^{0.6}}{10 + [t_{ek(n-k+1)} + t_1]^{0.6}} \right)} \quad (9)$$

## HASIL PERHITUNGAN DAN DISKUSI

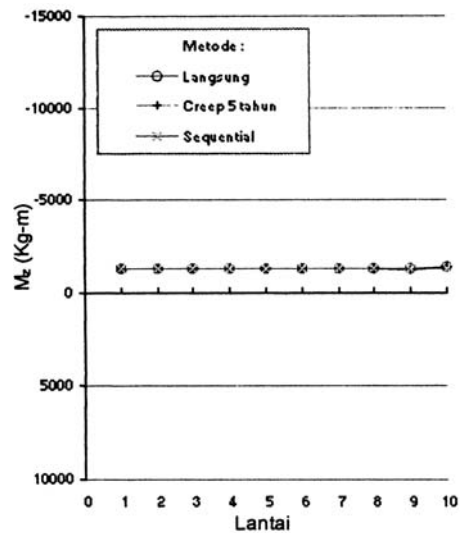
Perhitungan pengaruh rangkak dilakukan dengan menggunakan modulus elastis ekuivalen yang berlainan untuk tiap lantai. Koefisien rangkak ultimit,  $C_u$  diambil sebesar 2.35 dan faktor modifikasi rangkak,  $Q_{cr}$  diambil sebesar 1.00.

Perbandingan hasil perhitungan pengaruh rangkak 5, 10, 15, dan 20 tahun tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Tabel 2 menunjukkan perbandingan momen tumpuan akibat rangkak 5 dan 20 tahun di balok di mana terdapat perbedaan deformasi kolom yang besar. Hasil perhitungan lengkap dapat dilihat dalam Referensi 9.

**Tabel 2. Perbedaan momen tumpuan (kgm) akibat rangkak 5 tahun dengan rangkak 20 tahun**

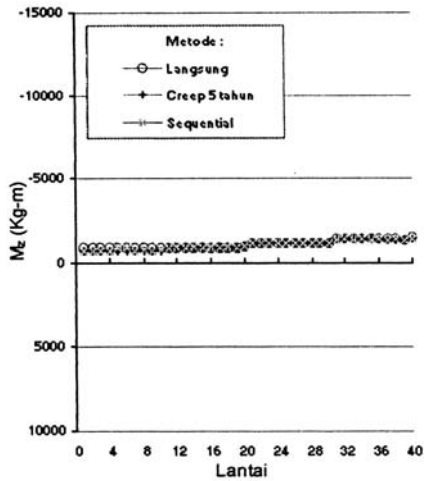
Bangunan	Balok	Lantai ke	Creep 5 th (C5)	Creep 20 th (C20)	C5-C20	C5/C20
10 Lantai	B2-C2 kiri	10	-19147	-19321	174	0.991
20 Lantai	B2-C2 kiri	20	-23545	-23915	370	0.985
30 Lantai	B2-C2 kiri	30	-25074	-25529	455	0.982
40 Lantai	B4-C4 kanan	11	-2787	-3853	1066	0.723

Dalam hal tidak terdapat perbedaan penurunan pada kolom, misalnya kolom A4 dan A5 (Gambar 1) yang dihubungkan balok A4-A5, tidak ada perbedaan antara momen tumpuan yang dihasilkan dengan cara pembebanan langsung, *sequential* maupun rangkak (Gambar 7 dan 8).

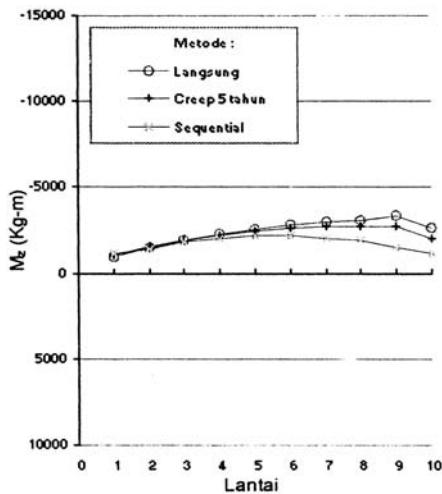


**Gambar 7. Momen tumpuan Balok A4-A5 Bangunan 10 lantai**

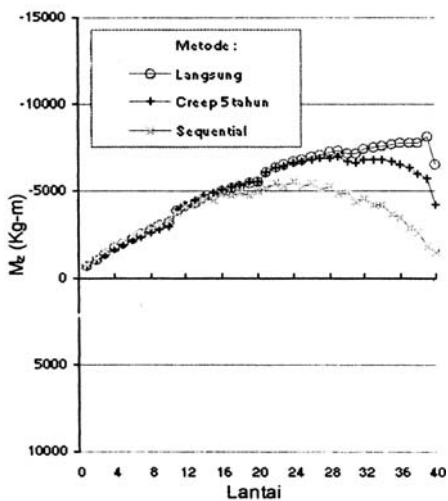
Hasil tipikal dari perhitungan dengan pembebanan langsung, *sequential* dan rangkak dapat dilihat dalam Gambar 7, 8, 9, dan 10. Untuk mendapatkan gaya dalam setelah kurun waktu tertentu, harus dijumlahkan gaya dalam akibat beban gravitasi, akibat deformasi elastis dan deformasi inelastis (rangkak). Perlu dicatat bahwa momen yang didapatkan dari perhitungan rangkak terdiri dari momen akibat perbedaan penurunan kolom akibat rangkak dan momen akibat beban gravitasi, begitu juga dalam perhitungan *sequential*.



Gambar 8. Momen Tumpuan Balok A4-A5 Bangunan 40 lantai

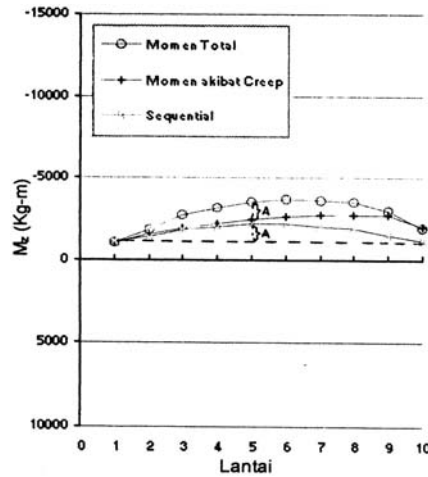


Gambar 9. Momen tumpuan Balok A3-B3 Kiri, Bangunan 10 lantai

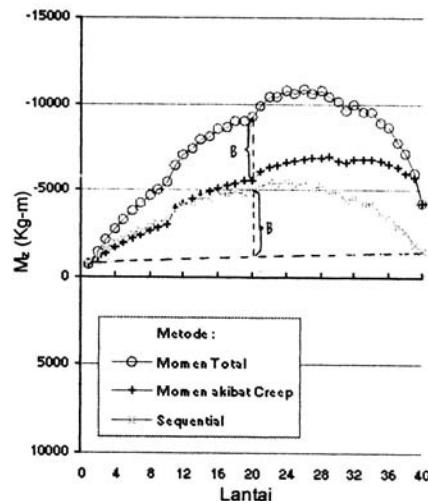


Gambar 10. Momen Tumpuan Balok A3-B3 Kiri, Bangunan 40 lantai

Momen tumpuan akibat pengaruh perbedaan deformasi elastis kolom dapat dipisahkan dari hasil perhitungan *sequential* dengan menarik garis putus-putus, yang pada Gambar 11 dan 12 ditandai dengan huruf A dan B. Momen total yang terjadi pada struktur pada saat bangunan mencapai umur yang ditinjau dapat diperoleh dengan menambahkan pengaruh perbedaan deformasi elastis tersebut (A dan B) kepada momen yang didapat dari perhitungan rangkak (Gambar 11 dan 12).

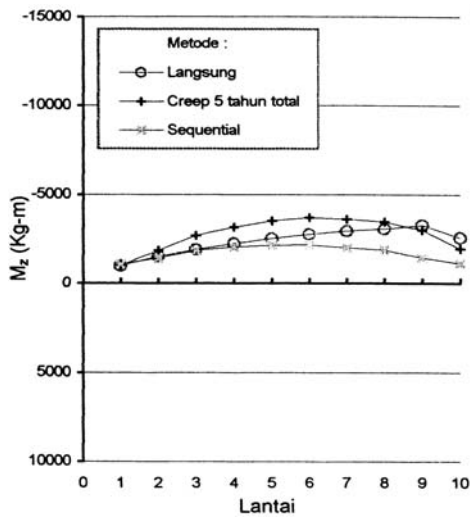


Gambar 11. Modifikasi untuk mendapatkan Momen Tumpuan Total Balok A3-B3 Kiri Bangunan 10 lantai

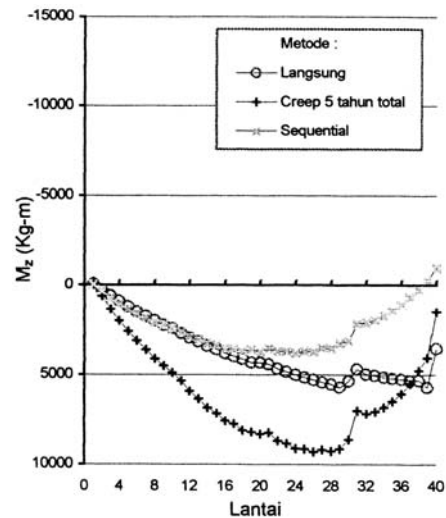


Gambar 12. Modifikasi untuk mendapatkan Momen Tumpuan Total Balok A3-B3 Kiri Bangunan 40 lantai

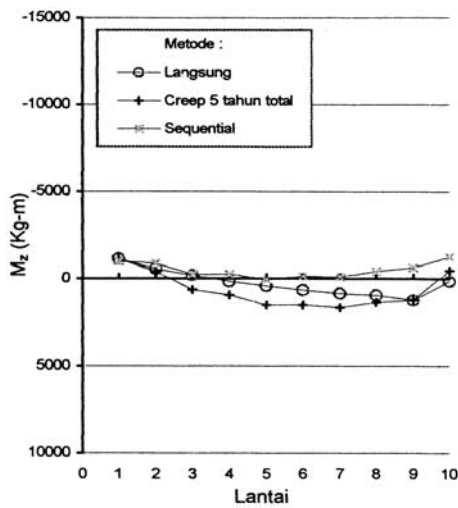
Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa balok pada grid C-D dan 4-5 tidak mengalami perbedaan penurunan kolom sehingga tidak dipengaruhi oleh rangkak. Hasil tipikal untuk balok yang mengalami perbedaan penurunan kolom ditunjukkan dalam gambar 13 sampai 36.



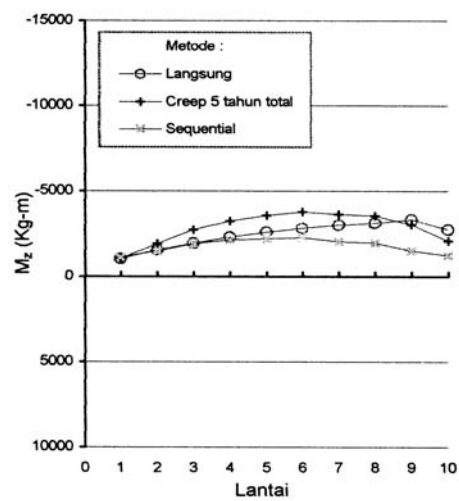
Gambar 13. Perbandingan Momen Tumpuan Balok A3-B3 Kiri, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



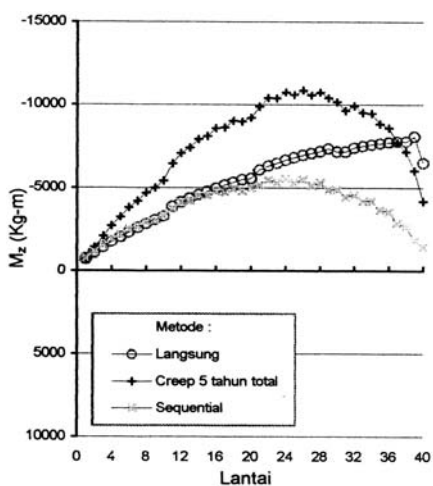
Gambar 16. Perbandingan Momen Tumpuan Balok A3-B3 Kanan, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



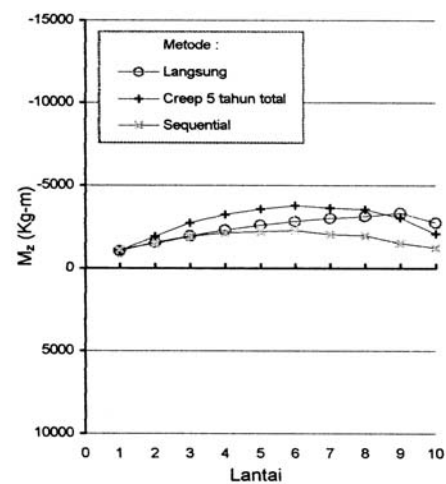
Gambar 14. Perbandingan Momen Tumpuan Balok A3-B3 Kanan, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



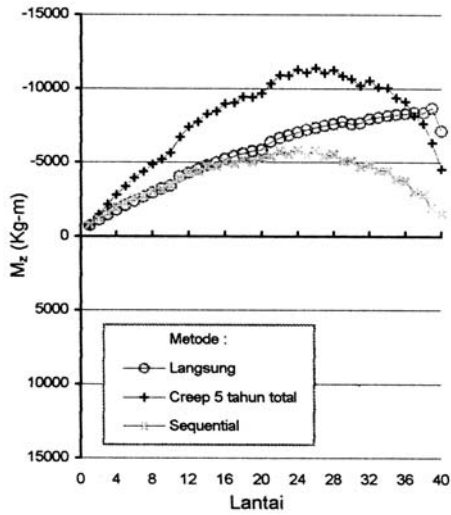
Gambar 17. Perbandingan Momen Tumpuan Balok A4-B4 Kiri, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



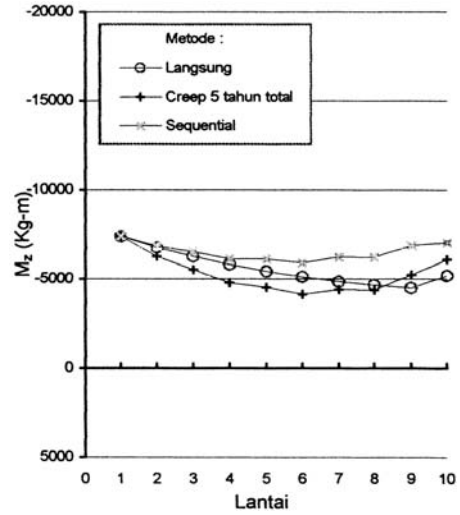
Gambar 15. Perbandingan Momen Tumpuan Balok A3-B3 Kiri, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



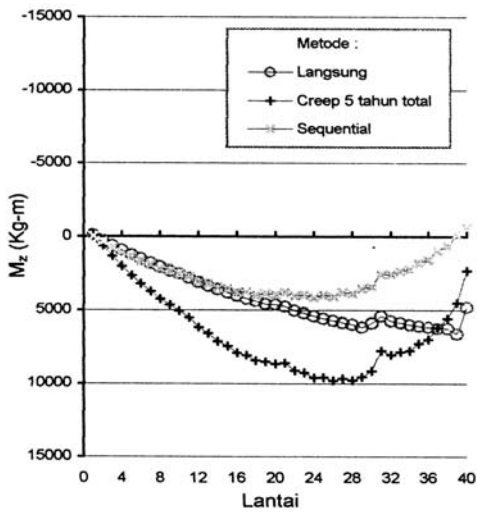
Gambar 18. Perbandingan Momen Tumpuan Balok A4-B4 Kanan, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



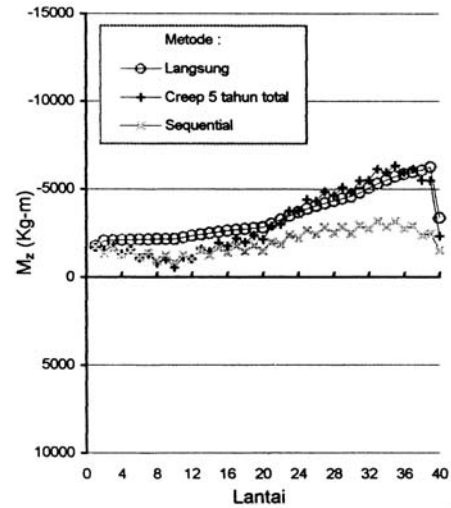
Gambar 19. Perbandingan Momen Tumpuan Balok A4-B4 Kiri, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



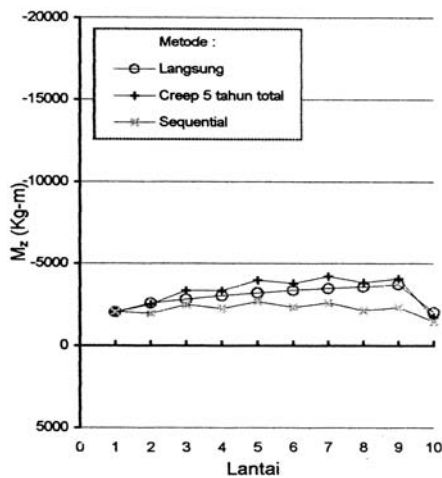
Gambar 22. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B1-C1 Kanan, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



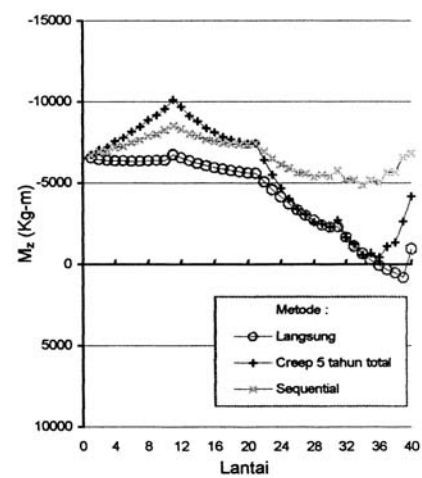
Gambar 20. Perbandingan Momen Tumpuan Balok A4-B4 Kanan, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



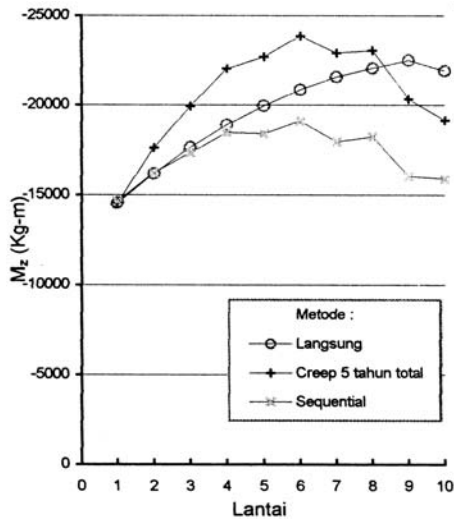
Gambar 23. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B1-C1 Kiri, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



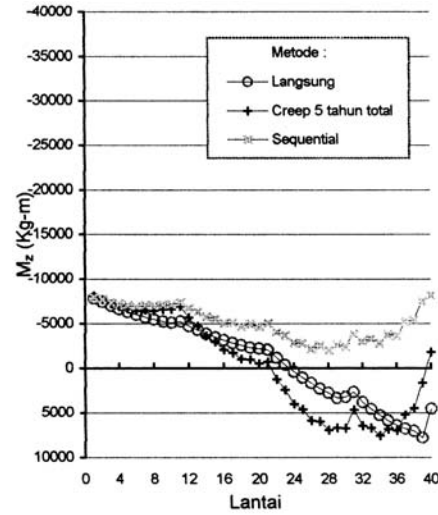
Gambar 21. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B1-C1 Kiri, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



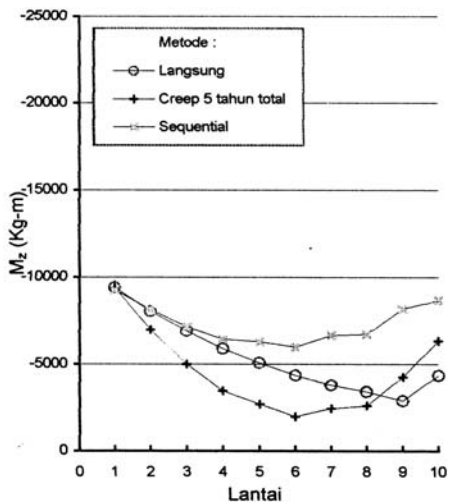
Gambar 24. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B1-C1 Kanan, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



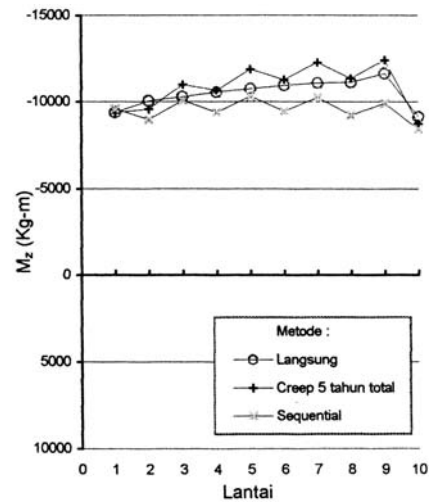
Gambar 25. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B2-C2 Kiri, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



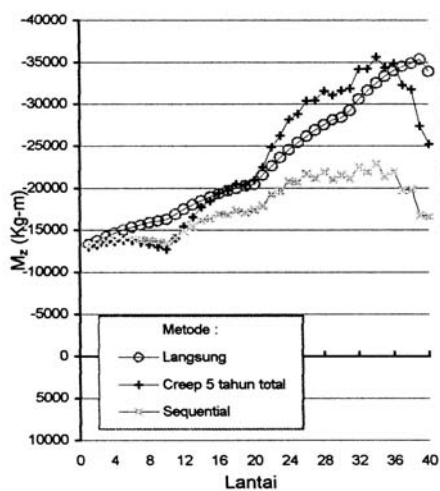
Gambar 28. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B2-C2 Kanan, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



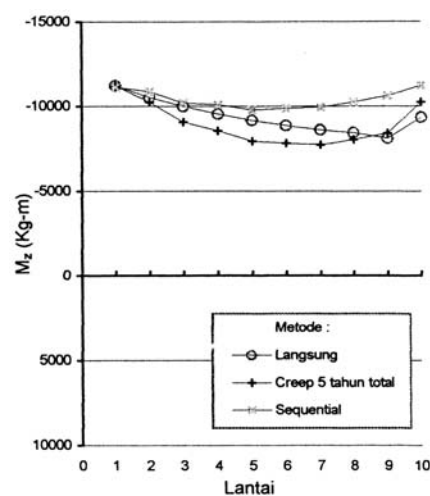
Gambar 26. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B2-C2 Kanan, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



Gambar 29. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B3-C3 Kiri, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung

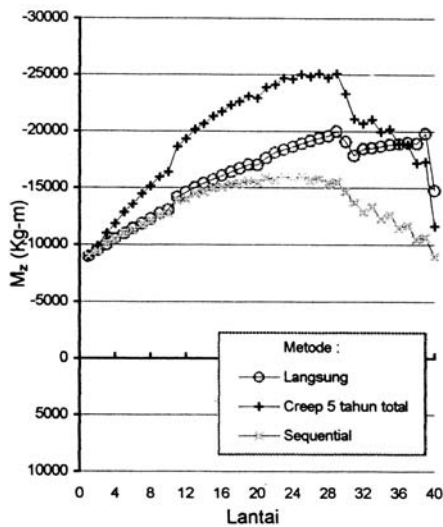


Gambar 27. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B2-C2 Kiri, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung

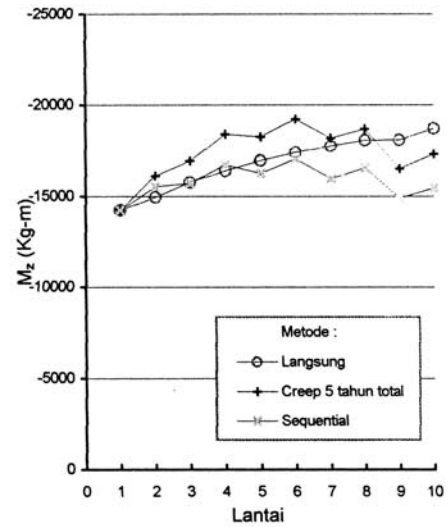


Gambar 30. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B3-C3 Kanan, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung

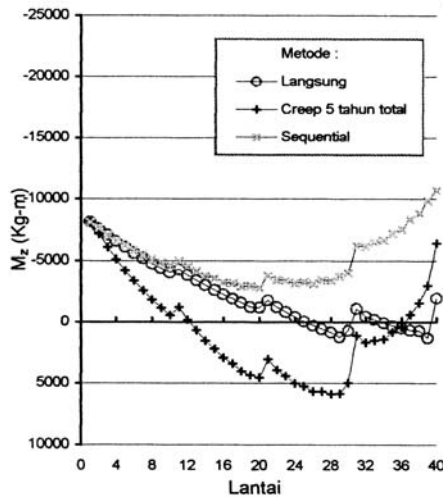




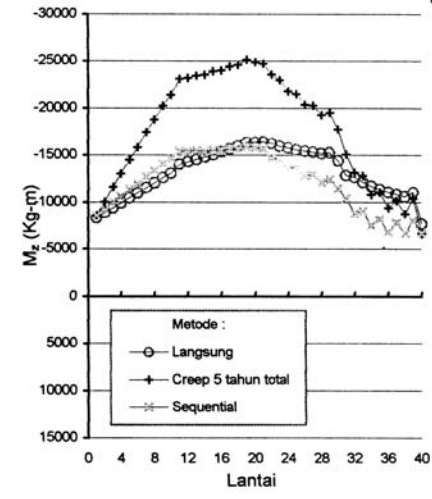
Gambar 31. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B3-C3 Kiri, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



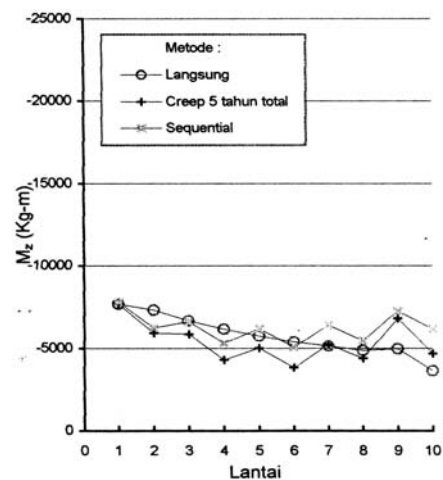
Gambar 34. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B4-C4 Kanan, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



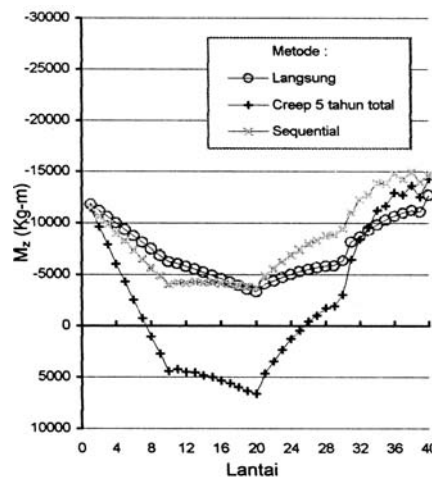
Gambar 32. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B3-C3 Kanan, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



Gambar 35. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B4-C4 Kiri, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



Gambar 33. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B4-C4 Kiri, 10 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung



Gambar 36. Perbandingan Momen Tumpuan Balok B4-C4 Kanan, 40 lantai, beban rangkak, *sequential* dan langsung

## KESIMPULAN

Perhitungan pengaruh rangkak pada usia 5, 10, 15 dan 20 tahun tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Dengan demikian pengaruh deformasi akibat rangkak sudah akan terlihat pada saat bangunan berusia 5 tahun.

Dibanding dengan momen yang didapat dengan metode pembebanan *sequential*, momen yang didapat dengan cara langsung lebih mendekati momen yang didapat dengan memperhatikan pengaruh rangkak. Hal ini terjadi karena rangkak bekerja pada bangunan yang telah selesai dibangun, sama dengan anggapan yang dipakai pada pembebanan cara langsung.

Pada bangunan 10 lantai, pengaruh metode pembebanan yang dipakai tidak terlalu besar, sehingga perhitungan dengan metode pembebanan langsung masih dapat dipakai tanpa harus memperhatikan pengaruh rangkak.

Pada bangunan yang lebih tinggi, perlu diperhatikan kemungkinan terjadinya perbedaan penurunan kolom yang cukup besar akibat rangkak, yang dapat mengakibatkan perubahan momen tumpuan. Keadaan ini dapat dilihat pada balok yang menghubungkan kolom dengan dinding geser, misalnya balok B1-C1, B2-C2 dan B4-C4 serta pada balok yang relatif sangat kaku seperti balok yang menghubungkan kolom pada baris A dan B. Pada balok-balok ini dapat terjadi retak sehingga diperlukan pendetailan khusus agar dapat terjadi redistribusi momen dari tumpuan ke lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Leroy Z. Emkin, Comparison of Static Analysis Research Based on Different Models of A Sixty Seven Stories Commercial Building, *HAKI Conference on Civil and Structural Engineering*, Jakarta, 13-14 Agustus 1997.
2. Nirmala, H., dan Trisno, J., *Perbandingan Beberapa Metode Analisis Struktur Akibat Beban Gravitasi Pada Bangunan Tinggi*, Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya, 1998.
3. Benjamin Lumantarna, et.al., Perbandingan Beberapa Cara Pendekatan untuk Perhitungan Beban Gravitasi pada Bangunan Tinggi, *Seminar HAKI*, Jakarta, Juni 1998.
4. CPCI, *Metric Design Manual, Precast and Prestressed Concrete*, Canadian Prestressed Concrete Institute (CPCI), Second Edition, Second Printing, Ontario, Canada, 1989.
5. Jan Hult, *Creep In Engineering Structures*, Blaisdell Publishing Co., London, 1966
6. Bryan Stafford Smith and Alex Coull, , *Tall Building Structures*, John Wiley and Sons (SEA) Pte Inc., Singapore, 1994.
7. Adrian Pauw, *Designing for Creep and Shrinkage in Concrete Structure*, American Concrete Institute (ACI), Detroit, Michigan, 1982.
8. Habibulah, A., *ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems), User's Manual*, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, 1995.
9. Steven, dan Budiono, D., *Metode Analisa Struktur Pada Bangunan Tinggi dengan Memasukkan Pengaruh Creep*, Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Indonesia, 1999.