

STUDY OF TWO AND THREE FLOOR PORTAL BUILDING MADE OF REINFORCED CONCRETE MATERIAL

KAJIAN PORTAL GEDUNG DUA DAN TIGA LANTAI DENGAN BAHAN BETON BERTULANG

Ali Asroni

Study Programme of Master of Civil Engineering, Department of Civil Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta Post Code 57102
e-mail : ali.asroni@yahoo.co.id

Abstract

The aim of this research was to make a comparison of two and three floors of reinforce concrete portal design, and the possibility of the addition one floor next above the two floors building base on building safety. Research carried out by taking the example of two office building portals constructed in the earthquake zone-one. Both portals made from the same sketch plan and designed in the full elastic system. The load combinations (dead load, live load, and earthquake load) were subjected to both portal. The loads complied with the Indonesian Code (*Tatacara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002*). The dimension of portal structures (beam, column, sloof, and foundations) and their reinforcements were properly designed to carry the loads. Based on the dimension of portal and their reinforcement obtained, a comparison may be made up of total reinforcing and spacing of begel on both portals, and the possibility of the addition one floor next above the two floors building. The results showed that the dimensions of the structure (beam, column, sloof, and foundation) or three floors portal was bigger than two floors, the total of longitudinal reinforcement was more, and the begel space of edge beam was more tightly. Moreover, the addition of one floor next above the two floors would make the dangerous to safety of its and user.

Key words: adding floor levels, portal, fully elastic, earthquake zone-one

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan antara hasil perencanaan portal beton bertulang dua dan tiga lantai, serta mengetahui kemungkinan penambahan satu lantai tingkat pada portal dua lantai tersebut ditinjau dari segi keamanan gedung. Penelitian dilaksanakan dengan mengambil contoh dua buah portal gedung kantor yang dibangun di wilayah gempa satu. Kedua portal berasal dari denah bangunan yang sama dan direncanakan dengan sistem elastik penuh. Kombinasi beban (beban mati, beban hidup, dan beban gempa) diberikan pada kedua portal untuk diteliti. Kombinasi beban tersebut mengikuti peraturan beton di Indonesia (*Tatacara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002*). Dimensi portal (balok, kolom, sloof, dan fondasi) serta penulangannya direncanakan dengan baik/cukup untuk mendukung beban-beban yang bekerja. Berdasarkan dimensi dan penulangan yang diperoleh, dapat diketahui perbandingan jumlah tulangan dan jarak begel pada kedua portal, serta kemungkinan aman / tidaknya struktur portal 2 lantai bila ditambah satu lantai tingkat di atasnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi struktur (balok, kolom, sloof, dan fondasi) pada portal tiga lantai lebih besar daripada portal dua lantai, jumlah tulangan longitudinal lebih banyak, dan jarak begel pada balok tepi lebih rapat. Selain itu, penambahan satu lantai tingkat pada portal gedung dua lantai akan berbahaya bagi keamanan gedung dan pengguna gedung.

Kata-kata kunci : penambahan lantai tingkat, portal, elastik penuh, wilayah gempa satu

PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk saat ini dirasakan semakin meningkat tajam. Seiring dengan pertumbuhan tersebut, beberapa fasilitas untuk memenuhi kebutuhan hidup juga semakin meningkat, baik fasilitas untuk memenuhi kebutuhan *sandang-pangan* (lahan pertanian, pertokoan, pasar, swalayan, *mall*), fasilitas untuk *papan* (rumah, hunian/perumahan, penginapan, hotel), fasilitas kerja (gedung-gedung kantor, bengkel/industri), fasilitas pendidikan (gedung-gedung sekolah/perkuliah, laboratorium, perpustakaan), maupun fasilitas-fasilitas lainnya, termasuk fasilitas sarana transportasi, tempat parkir, fasilitas hiburan, dan fasilitas kesehatan. Kepadatan penduduk dan semua fasilitas untuk kebutuhan hidup tersebut memerlukan lahan yang sangat luas, sehingga kondisi lahan yang tersedia dirasakan semakin sempit/terbatas, dan harganya semakin mahal.

Dengan keterbatasan lahan, terasa 'menyulitkan' jika diperlukan penambahan luas ruangan pada suatu gedung ke arah horisontal. Salah satu cara untuk memperluas ruangan pada suatu gedung adalah dengan penambahan ruangan ke arah vertikal atau menambah lantai tingkat pada gedung yang sudah jadi. Fenomena yang dijumpai pada gedung-gedung yang telah dibangun, terutama gedung yang berfungsi sebagai tempat pendidikan

maupun perkantoran, terlanjur telah dibangun dua lantai. Seiring dengan perkembangan yang terjadi, perlu penambahan ruangan untuk meningkatkan fasilitas pelayanan yang lebih baik dengan cara menambah satu lantai tingkat di atasnya. Keadaan ini menimbulkan permasalahan atau memunculkan suatu pertanyaan: Mampukah gedung tersebut menahan beban akibat penambahan lantai tingkat di atasnya? Apakah gedung tersebut masih memberikan rasa kenyamanan dan keamanan, baik keamanan terhadap gedung itu sendiri (agar tidak roboh) maupun keamanan terhadap jiwa manusia (pengguna gedung)?

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan di atas, maka perlu diteliti tentang pengaruh penambahan lantai tingkat pada suatu gedung yang sudah jadi. Penelitian dilaksanakan dengan mengambil contoh dua buah portal gedung beton bertulang (dua lantai dan tiga lantai) yang dibangun di wilayah gempa satu, masing-masing portal direncanakan dengan baik/cukup dan tidak boros. Perencanaan dilaksanakan dengan sistem elastik penuh menurut peraturan beton tahun 2002 (SNI 03-2847-2002).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan hasil perencanaan antara portal gedung beton bertulang dua dan tiga lantai pada struktur fondasi, sloof, balok dan kolom. Selain itu, juga untuk mengetahui kemungkinan penambahan satu lantai tingkat pada portal gedung beton bertulang ditinjau dari segi ke-

amanan struktur dalam hal menahan beban yang terjadi. Hasil penelitian dapat bermanfaat bagi perancang bangunan dan bagi masyarakat/pengguna gedung. Bagi perancang bangunan, dapat digunakan sebagai masukan ilmu pengetahuan dalam hal terapan perencanaan bangunan gedung, sedangkan bagi masyarakat dapat mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan satu lantai tingkat pada gedung yang sudah ada yang berkaitan dengan rasa kenyamanan dan keamanan, baik aman bagi gedung itu sendiri (gedung tidak roboh) maupun aman bagi keselamatan jiwa manusia (pengguna gedung).

Beban yang bekerja pada suatu portal (gedung) dibagi menjadi dua macam, yaitu beban vertikal dan beban horisontal. Arah beban vertikal ini ke bawah (disebut beban gravitasi), terdiri atas beban mati (beban yang posisinya tetap, termasuk berat sendiri bangunan) dan beban hidup (beban yang dapat berpindah tempat, termasuk pengguna bangunan). Arah beban horisontal ke kanan atau ke kiri, yang diakibatkan oleh angin atau beban gempa. Wilayah Indonesia termasuk wilayah yang rawan terhadap gempa, sehingga bangunan di Indonesia harus diperhitungkan agar tahan gempa.

Beban gempa yang bekerja pada portal simetris dihitung dengan analisis statik ekuivalen dengan persamaan:

$$V = (C.I/R).W_t \quad (1)$$

dengan:

- V = beban gempa nominal statik ekuivalen (kN)
- C = faktor respons gempa, bergantung pada kondisi tanah pada lokasi gedung, waktu getar alami fundamental gedung, dan wilayah gempa.
- I = faktor keutamaan gedung.
- R = faktor reduksi gempa, bergantung pada sistem perencanaan struktur yang dipakai.
- W_t = berat total bangunan, beban mati dan beban hidup direduksi pada peninjauan gempa (kN).

Berbagai jenis beban tersebut tidak harus semuanya diperhitungkan secara bersama-sama bekerja membebani portal, tetapi diperhitungkan dari kombinasi beban yang berpengaruh dominan terhadap portal yang ditinjau. Menurut SNI 03-2847-2002, kombinasi beban yang bekerja pada portal gedung tahan gempa diperhitungkan sebagai kuat perlu U dengan persamaan:

$$U = 1,4.D \text{ atau } U = 1,2.D + 1,6.L \text{ atau } U = 1,2.D + L + E^{(+/-)} \text{ atau } U = 0,9.D + E^{(+/-)} \quad (2)$$

dengan: D = beban mati (*dead load*)

L = beban hidup (*life load*)

E^(+/-) = beban gempa (*earthquake load*) yang bekerja ke kanan (+) atau ke kiri (-).

Dimensi dan penulangan struktur / komponen struktur yang direncanakan dengan sistem elastik penuh dihitung berdasarkan nilai kuat perlu U terbesar pada Persamaan (2) yang bekerja pada struktur. SNI 03-2847-2002 memberikan batasan-batasan untuk penulangan struktur sebagai berikut:

1). Luas tulangan minimal pada balok (A_{s,min} dalam mm²)

$$A_{s,min} \geq 1,4.b.d/f_y \text{ dan } \geq \sqrt{f_c}.b.d/(4.f_y) \quad (3)$$

dengan b adalah lebar penampang blok (mm), d = tinggi manfaat penampang balok (mm), f_y = tegangan leleh baja tulangan (MPa), dan f_c = mutu beton yang disyaratkan (MPa).

2). Spasi begel pada balok (s dalam mm)

$$\text{Jika gaya geser balok } V_s < 1/3.\sqrt{f_c}.b.d, \text{ maka } s \leq d/2 \text{ dan } 600 \text{ mm} \quad (4)$$

$$\text{Jika gaya geser balok } V_s > 1/3.\sqrt{f_c}.b.d, \text{ maka } s \leq d/4 \text{ dan } 300 \text{ mm} \quad (5)$$

3). Luas tulangan total kolom (A_{st} dalam mm²)

$$A_{st} \leq 0,08.A_g \text{ dan } A_{st} \geq 0,01.A_g \quad (6)$$

dengan A_g adalah luas bruto penampang kolom (mm²).

4). Spasi begel pada kolom (s dalam mm)

$$s \leq 16.D \text{ dan } s \leq 48.dp \quad (7)$$

dengan : D = diameter tulangan longitudinal (mm)

dp = diameter sengkang / begel (mm).

Jika gaya geser kolom V_{s,k} < 1/3.√f_c.b.d, maka

$$s \leq d/2 \text{ dan } 600 \text{ mm} \quad (8)$$

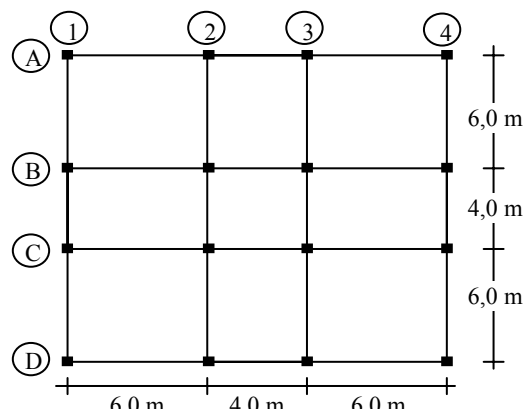
Jika gaya geser kolom V_{s,k} > 1/3.√f_c.b.d, maka

$$s \leq d/4 \text{ dan } 300 \text{ mm}$$

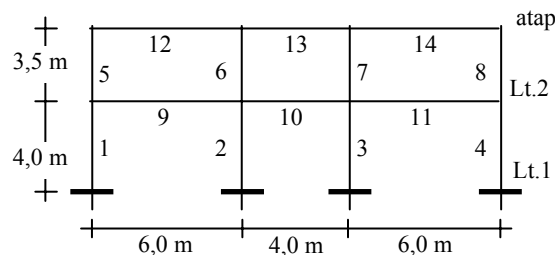
Agar diperoleh dimensi dan penulangan struktur yang cukup/tidak boros, maka dimensi struktur diambil sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil tulangan longitudinal yang sedikit lebih besar daripada ketentuan pada Persamaan (3) dan Persamaan (6).

METODE PENELITIAN

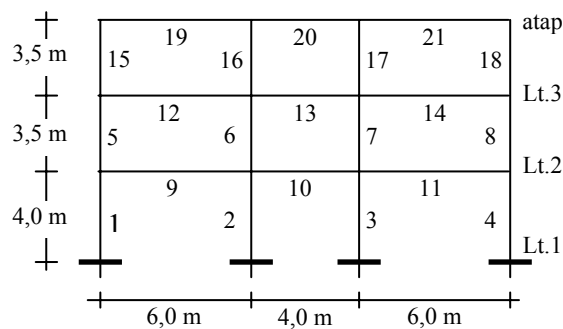
Sebagai bahan (materi) penelitian, dipilih Portal B dari suatu denah gedung. Portal B ini dibuat dengan 2 model, yaitu portal dua lantai dan tiga lantai seperti terlihat pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 3.



Gambar 1. Denah bangunan



Gambar 2. Bentuk portal dua lantai



Gambar 3. Bentuk portal tiga lantai

Data untuk perencanaan portal ditentukan berikut:

- 1). Mutu beton $f'_c = 20$ MPa, baja tulangan $f_y = 350$ MPa.
- 2). Atap gedung berupa pelat lantai beton bertulang, dan diperhitungkan ada air hujan (sebagai beban hidup) setinggi 5 cm.
- 3). Tebal pelat atap direncanakan 9 cm, pelat lantai 12 cm, dan berat beton $\gamma_c = 25$ kN/m³.
- 4). Sekat-sekat antar ruangan digunakan dinding tembok dengan berat 18 kN/m³.
- 5). Beban mati dan beban hidup dihitung berdasarkan peraturan SNI 03-1727-1989.
- 6). Digunakan fondasi telapak menerus, berat tanah di atas fondasi $\gamma_t = 17,3$ kN/m³.
- 7). Daya dukung tanah untuk fondasi pada kedalaman -1,60 m (σ_r) sebesar 175 kPa.
- 8). Gedung dibangun di wilayah gempa 1 menurut peraturan gempa tahun 2002, direncanakan dengan sistem elastik penuh dengan faktor reduksi gempa $R = 1,6$.
- 9). Dimensi portal (awal) digunakan: semua balok 300/500, semua kolom 450/450.

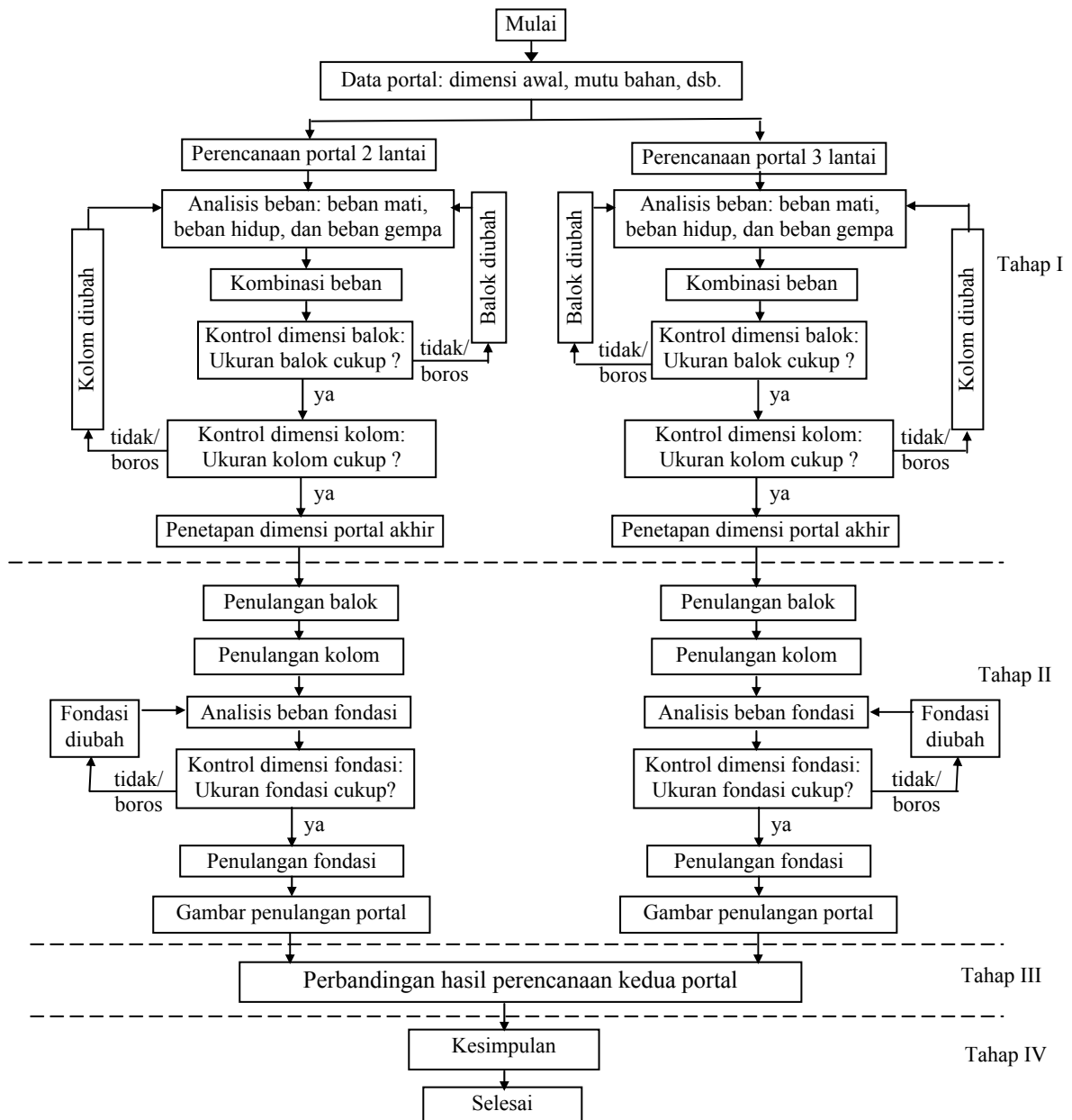
Dimensi portal tersebut dapat diubah sedemikian rupa sehingga mampu mendukung beban struktur dan tidak boros.

Pada penelitian digunakan alat bantu untuk tulis-menulis dan untuk perhitungan, yaitu:

- 1). Seperangkat komputer, digunakan untuk tulis-menulis dan membuat laporan.
- 2). Program hitungan balok, kolom, dan fondasi, digunakan untuk perhitungan tulangan dan kecukupan dimensi portal.
- 3). Kalkulator, digunakan untuk perhitungan-perhitungan yang tidak rumit.
- 4). Kertas ukuran A4, 80 gram, digunakan untuk membuat laporan tertulis.

Penelitian ini dilaksanakan dalam empat tahap (lihat Gambar 4), yaitu sebagai berikut:

- 1). Tahap I : Penentuan dimensi portal (dua model portal).
- 2). Tahap II : Penulangan portal (dua model portal).
- 3). Tahap III : Perbandingan dimensi dan penulangan dari kedua model portal.
- 4). Tahap IV : Membuat kesimpulan.



Gambar 5. Bagan alir penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Dimensi portal

Dimensi portal awal digunakan 300/500 untuk semua balok, dan 450/450 untuk semua kolom. Jika dimensi balok dan kolom diterapkan pada perencanaan portal dua lantai maupun tiga lantai, ternyata dimensinya terlalu besar/boros. Oleh karena itu dimensi balok dan kolom diubah/diperkecil sehingga cukup mendukung beban, kemudian dengan dimensi yang telah diubah ini digunakan untuk menghitung struktur fondasi dan *sloof*. Hasil hitungan dimensi portal secara lengkap disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi portal bertingkat tiga dan dua

Jenis struktur	Dimensi yang dipakai (mm)		Perbandingan (3) = (1)/(2)
	Portal 3 lantai (1)	Portal 2 lantai (2)	
Balok lantai 4	250x400	tidak ada	---
Balok lantai 3	300x450	250x400	1,35
Balok lantai 2	300x500	300x450	1,11
Kolom lantai 3	350x350	tidak ada	---
Kolom lantai 2	380x380	350x350	1,18
Kolom lantai 1	400x400	380x380	1,11
<i>Sloof</i>	400x800	380x700	1,20
Fondasi	250x1250	250x850	1,47

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa dimensi yang digunakan pada portal tiga lantai lebih besar daripada portal dua lantai, dengan perbandingan berikut:

- 1). Pada balok lantai 3 diperoleh 1,35 kali lebih besar.
- 2). Pada balok lantai 2 diperoleh 1,11 kali lebih besar.
- 3). Pada kolom lantai 2 diperoleh 1,18 kali lebih besar.
- 4). Pada kolom lantai 1 diperoleh 1,11 kali lebih besar.
- 5). Dimensi *sloof* diperoleh 1,20 kali lebih besar.
- 6). Dimensi fondasi diperoleh 1,47 kali lebih besar.

2. Penulangan balok

Pada perencanaan portal ini, baik portal dua lantai maupun tiga lantai, digunakan tulangan *deform* D19 (untuk tulangan longitudinal) dan tulangan polos Ø6 (untuk begel/tulangan sengkang). Gambar penulangan balok secara lengkap dapat dilihat pada lampiran. Dengan gambar penulangan balok pada kedua portal dapat diketahui sebagai berikut:

- 1). Balok tepi lantai 2 pada ujung kiri: untuk portal dua lantai dipasang tulangan atas 6D19 dan tulangan bawah 2D19, sedangkan untuk portal tiga lantai dipasang 8D19 dan 3D19. Jadi, ada selisih tulangan sebanyak 3 batang.
- 2). Balok tepi lantai 2 pada ujung kanan: untuk portal dua lantai dipasang tulangan atas 7D19 dan tulangan bawah 2D19, sedangkan untuk portal tiga lantai dipasang 8D19 dan 2D19. Jadi, ada selisih tulangan sebanyak 1 batang.
- 3). Balok tengah lantai 2 pada ujung (kiri dan kanan sama): untuk portal dua lantai dipasang tulangan atas 5D19 dan tulangan bawah 2D19, sedangkan untuk portal tiga lantai dipasang 6D19 dan 3D19. Jadi, ada selisih tulangan sebanyak 2 batang.
- 4). Balok tepi lantai 3 pada ujung kiri: untuk portal dua lantai dipasang tulangan atas 3D19 dan tulangan bawah 2D19, sedangkan untuk portal tiga lantai dipasang 8D19 dan 2D19. Jadi, ada selisih tulangan sebanyak 5 batang.
- 5). Balok tepi lantai 3 pada lapangan: untuk portal dua lantai dipasang tulangan atas 2D19 dan tulangan bawah 2D19, sedangkan untuk portal tiga lantai dipasang 2D19 dan 3D19. Jadi, ada selisih tulangan sebanyak 1 batang.
- 6). Balok tepi lantai 3 pada ujung kanan: untuk portal dua lantai dipasang tulangan atas 4D19 dan tulangan bawah 2D19,

sedangkan untuk portal tiga lantai dipasang 8D19 dan 2D19. Jadi, ada selisih tulangan sebanyak 4 batang.

- 7). Balok tengah lantai 2 pada ujung (kiri dan kanan sama): untuk portal dua lantai dipasang tulangan atas 3D19 dan tulangan bawah 2D19, sedangkan untuk portal tiga lantai dipasang 5D19 dan 2D19. Jadi, ada selisih tulangan sebanyak 2 batang.

Dengan penjelasan secara berurutan dari nomor 1) sampai dengan nomor 7) di atas menunjukkan bahwa tulangan longitudinal pada balok lantai 2 maupun lantai 3 pada portal tiga lantai ternyata lebih banyak daripada portal dua lantai.

Gambar pemasangan tulangan geser (begel) balok untuk portal dua lantai dan tiga lantai yang ada pada lampiran juga menjelaskan beberapa hal berikut:

- 1). Balok tepi lantai 2 pada ujung kiri: untuk portal dua lantai dipasang tulangan Ø6 – 180, sedangkan untuk portal tiga lantai dipasang lebih rapat dengan Ø6 – 120.
- 2). Balok tepi lantai 2 pada lapangan dan ujung kanan, serta pada balok tengah: untuk portal dua lantai dipasang tulangan lebih rapat daripada portal tiga lantai.
- 3). Balok tepi lantai 3 pada ujung kiri dan kanan: untuk portal dua lantai dipasang tulangan Ø6 – 170, sedangkan untuk portal tiga lantai dipasang lebih rapat dengan Ø6 – 110 pada ujung kiri, dan Ø6 – 90 pada ujung kanan.
- 4). Balok tepi lantai 3 pada lapangan dan balok tengah: untuk portal dua lantai dipasang tulangan lebih rapat daripada portal tiga lantai.

Dengan penjelasan secara berurutan dari nomor 1) sampai dengan nomor 4) di atas menunjukkan bahwa tulangan geser pada balok tepi lantai 2 ujung kiri, dan balok tepi lantai 3 ujung kiri maupun ujung kanan untuk portal bertingkat tiga dipasang lebih rapat daripada portal bertingkat dua, sedangkan pada balok-balok yang lain dipasang lebih renggang.

3. Penulangan kolom

Pada perencanaan kolom ini digunakan tulangan *deform* D25 (untuk tulangan longitudinal) dan tulangan polos Ø10 (untuk begel/tulangan sengkang). Hasil penulangan kolom disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penulangan kolom

Jenis dan letak struktur	Portal 3 lantai		Portal 2 lantai	
	tulangan	begel	tulangan	begel
Kolom tepi lantai 3	8D25	Ø10-145	---	---
Kolom tengah lt. 3	10D25	Ø10-145	---	---
Kolom tepi lantai 2	12D25	Ø10-160	8D25	Ø10-140
Kolom tengah lt. 2	14D25	Ø10-160	8D25	Ø10-140
Kolom tepi lantai 1	14D25	Ø10-170	10D25	Ø10-155
Kolom tengah lt. 1	16D25	Ø10-170	10D25	Ø10-155

Tabel 2 menunjukkan bahwa tulangan longitudinal kolom baik yang berada di lantai 2 maupun di lantai 1 pada portal tiga lantai lebih banyak daripada portal dua lantai, sedangkan tulangan geser (begel) dipasang lebih renggang.

4. Penulangan *sloof*

Penulangan *sloof* menggunakan tulangan *deform* D22 untuk tulangan longitudinal, serta tulangan polos Ø10 dan Ø8 untuk tulangan geser (begel). Dengan gambar penulangan *sloof* (lihat lampiran) pada kedua portal, dapat diketahui keadaan tulangan longitudinal dan tulangan geser seperti berikut:

- 1). Tulangan longitudinal pada portal tiga lantai lebih banyak (dengan selisih 2 batang) daripada portal dua lantai, yaitu pada tulangan atas *sloof* tepi di daerah lapangan (tengah bentang), tulangan bawah *sloof* tepi di ujung kanan, dan tulangan bawah *sloof* tengah di ujung kiri.

- 2). Tulangan geser *sloof* pada portal tiga lantai dipasang lebih rapat daripada portal dua lantai, baik pada *sloof* tepi maupun *sloof* tengah. Contoh, *sloof* tepi pada bentang 1,10 m dari muka kolom kiri dipasang Ø10–125 untuk portal tiga lantai, dan Ø10–160 untuk portal dua lantai.

5. Penulangan fondasi

Dari gambar penulangan fondasi pada portal tiga lantai dan portal dua lantai ternyata digunakan tulangan sama, yaitu: tulangan pokok Ø10 – 110 dan tulangan bagi Ø8 – 100.

6. Penambahan satu lantai tingkat pada portal

Untuk kasus yang diteliti dengan model dua buah struktur portal beton bertulang (dua lantai dan tiga lantai) dari suatu gedung kantor yang dibangun di wilayah gempa satu, dapat diketahui bahwa penambahan satu lantai tingkat di atas portal gedung dua lantai yang sudah dibangun sebelumnya sangat sulit untuk dilaksanakan (kecuali dengan penangan khusus).

Dari uraian pada pembahasan nomor 1 sampai dengan nomor 5 di atas, maka dapat dipahami bahwa penambahan satu lantai tingkat pada portal gedung dua lantai (sehingga menjadi tiga lantai) akan 'berbahaya' bila ditinjau dari segi keamanan, baik keamanan bagi struktur gedung itu sendiri maupun keamanan bagi pengguna gedung, karena:

- 1). Semua dimensi portal dua lantai (balok, kolom, *sloof*, dan fondasi) harus diperbesar.
- 2). Tulangan longitudinal pada balok-balok lantai 2 maupun lantai 3 harus ditambah, dan begel-begel balok pada lantai 2 maupun lantai 3 (terutama begel balok di bagian ujung) harus dibuat lebih rapat.
- 3). Tulangan longitudinal pada semua kolom harus ditambah.
- 4). Tulangan longitudinal *sloof* harus ditambah dan begelnya juga dibuat lebih rapat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan terhadap portal gedung beton bertulang dua lantai dan tiga lantai yang terletak di wilayah gempa satu untuk model yang ditinjau, dapat diambil kesimpulan berikut:

- 1). Dimensi balok lantai 3 dan lantai 2 pada portal tiga lantai lebih besar daripada portal dua lantai, jarak begel juga lebih rapat.
- 2). Dimensi kolom lantai 3 dan lantai 2 pada portal tiga lantai lebih besar daripada portal dua lantai, tetapi jarak begel lebih renggang.
- 3). Dimensi fondasi dan *sloof* pada portal tiga lantai lebih besar daripada portal dua lantai, jarak begel *sloof* juga lebih rapat.

- 4). Penambahan satu lantai tingkat pada portal dua lantai akan berbahaya bagi keamanan gedung maupun pengguna gedung.

SARAN

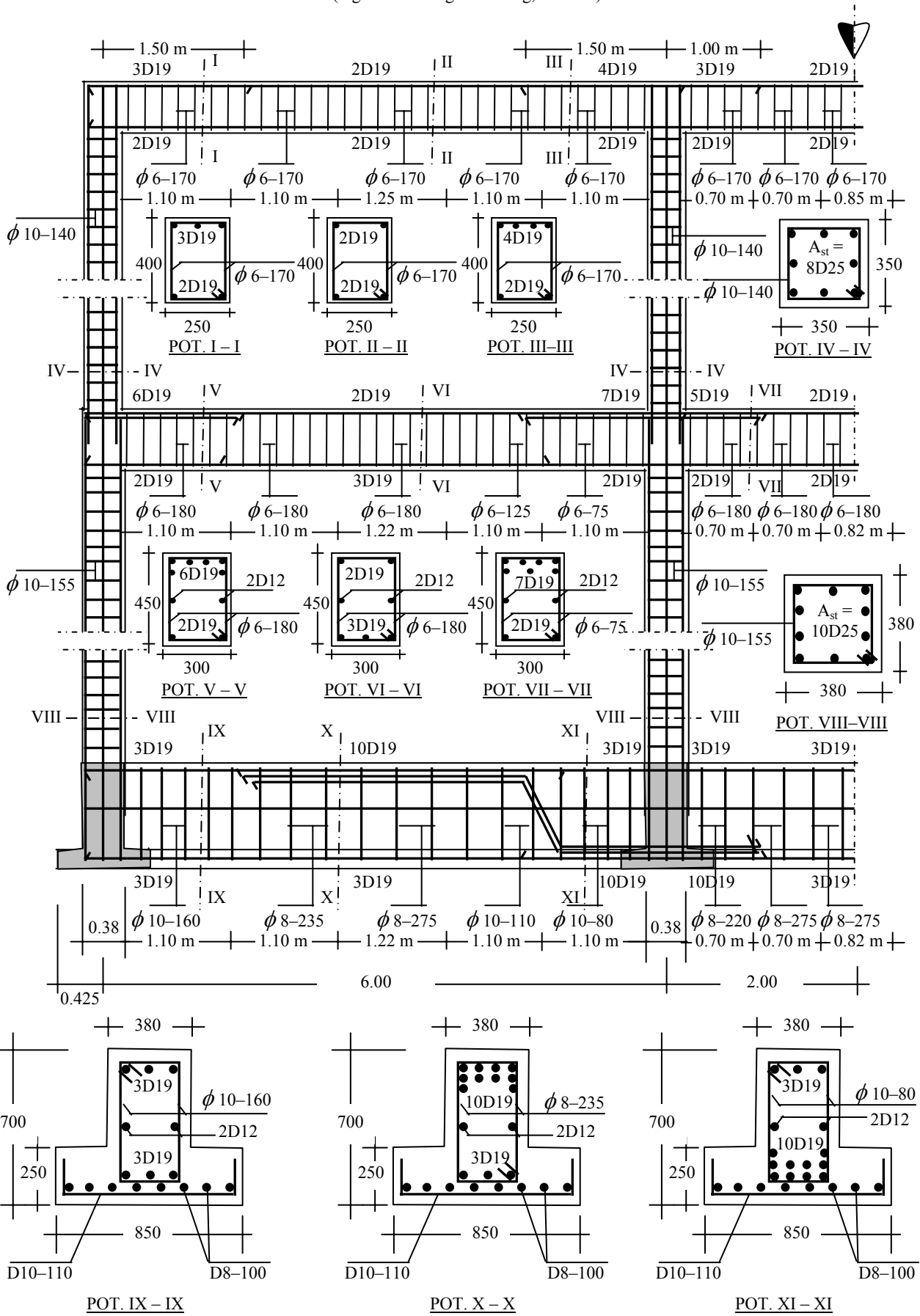
Saran yang perlu diperhatikan terutama bagi perencana maupun pengguna gedung, yaitu:

- 1). Untuk menambah satu lantai tingkat pada gedung yang sudah jadi, perlu dikaji lebih dahulu apakah kekuatan struktur gedung dapat dijamin keamanannya.
- 2). Sebagaiantisipasi terhadap keterbatasan lahan, lebih baik merencanakan gedung dengan tingkat yang lebih tinggi daripada tingkat semestinya, sehingga untuk menambah lantai tingkat berikutnya tidak menjadi masalah lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2002). *Tatacara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SK SNI 03-2847-2002, Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, Bandung.
- Asroni, A. (2009). *Struktur Beton Lanjut*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A. (2010). *Balok Dan Pelat Beton Bertulang*, Cetakan pertama, P.T. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Asroni, A. (2010). *Kolom, Fondasi Dan Balok "T" Beton Bertulang*, Cetakan pertama, P.T. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- DPMB. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia Tahun 1971*, PBI-1971, Dinas Pekerjaan Umum, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- DSN. (1989). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung*. SNI 03-1727-1989, UDC, Dewan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Kardiyono dan Budihardjo. (1980). *Distribusi Momen Dengan Cara C.T. Morris (Cara Cross Pada Portal Dengan Satu Tabel)*, Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.
- Kardiyono. (1981). *Teknologi Gempa*, Bahan Kuliah Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.
- Kimpraswil. (2002). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*, Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah, Badan Penelitian Dan Pengembangan Pemukiman Dan Prasarana Wilayah, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tek-nologi Pemukiman, Bandung.
- Vis, W.C. dan Kusuma, G.H. (1993). *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*, Seri Beton 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.

GAMBAR PENULANGAN PORTAL DUA LANTAI
(digambar setengah bentang, simetris)



GAMBAR PENULANGAN PORTAL TIGA LANTAI

(digambar setengah bentang, simetris)

