

# Effect of One Additional floor Against Security of third floor Concrete building portal

## PENGARUH PENAMBAHAN SATU LANTAI TINGKAT TERHADAP KEAMANAN PORTAL GEDUNG BETON BERTULANG TIGA LANTAI

Ali Asroni

Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta,  
Jl. A. Yani Tromol Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102 e-mail : [ali.asroni@yahoo.co.id](mailto:ali.asroni@yahoo.co.id)

### ABSTRACT

The aim of this research was to compare three and four floors of reinforce concrete portal design, and the possibility of the addition of one floor above the three floors building based on building safety. Research was carried out by taking the example of two office building portals constructed in the earthquake zone-one. Both portals were 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 portals. 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 could be made up of total reinforcing and spacing of begel on both portals, and the possibility of the addition of one floor above the three floors building. The results showed that the dimensions of the structure (column, sloof, and foundation) of four floors portal were bigger than three floors, had greater number of total longitudinal reinforcement (include of beam), and the begel space of edge beam was more tightly. Moreover, the addition of one floor above the three floors would be dangerous for building safety and users.

**Keywords:** adding floor levels, portal, fully elastic, earthquake zone-one

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan hasil perencanaan antara portal gedung beton bertulang tiga dan empat lantai, serta kemungkinan penambahan satu lantai tingkat pada portal tiga lantai, 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 3 lantai bila ditambah satu lantai tingkat di atasnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi struktur (kolom, sloof, dan fondasi) pada portal empat lantai lebih besar daripada portal tiga lantai, jumlah tulangan longitudinal (termasuk tulangan balok) lebih banyak, dan jarak begel juga lebih rapat. Selain itu, penambahan satu lantai tingkat pada portal gedung tiga 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 jumlah penduduk, beberapa fasilitas untuk memenuhi kebutuhan hidup juga semakin meningkat. Beberapa fasilitas untuk memenuhi kebutuhan hidup meliputi: fasilitas sandang-pangan (lahan pertanian, pertokoan, pasar, swalayan, *mall*), fasilitas untuk papan (rumah, hunian/perumahan, penginapan, hotel), fasilitas kerja (gedung kantor, bengkel/industri), fasilitas pendidikan (gedung sekolah/ perkuliahan, laboratorium, perpustakaan), 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 tersisa 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 tiga 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 beberapa 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, perlu diteliti tentang pengaruh penambahan lantai tingkat pada suatu gedung yang sudah jadi. Penelitian dilaksanakan dengan mengambil contoh dua buah portal gedung beton bertulang (tiga lantai dan empat lantai) yang dibangun di wilayah gempa satu, masing-masing portal direncanakan dengan baik/cukup dan tidak terlalu boros. Sistem perencanaan dilaksanakan dengan sistem elastik penuh menurut peraturan beton di Indonesia (SNI 03-2847-2002).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan hasil perencanaan antara portal gedung beton bertulang tiga dan empat lantai, mulai dari struktur fondasi, sloof, balok dan kolom. Selain itu, juga untuk mengetahui kemungkinan penambahan satu lantai tingkat pada portal gedung beton bertulang ditinjau dari segi keamanan 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, dan
- $W_t$  = berat total bangunan, yaitu beban mati dan beban hidup direduksi (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:

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

dengan:

- $D$  = beban mati (*dead load*),
- $L$  = beban hidup (*life load*), dan
- $E^{(+/-)}$  = 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  $mm^2$ )

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

dengan:

- $b$  = 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)

Jika gaya geser balok  $V_s < 1/3.\sqrt{f_c}.b.d$ , maka:

$$s \leq d/2 \text{ dan } 600 \text{ mm} \quad (4)$$

Jika gaya geser balok  $V_s > 1/3.\sqrt{f_c}.b.d$ , maka:

$$s \leq d/4 \text{ dan } 300 \text{ mm} \quad (5)$$

- 3). Luas tulangan total kolom ( $A_{st}$  dalam  $mm^2$ )

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

dengan:

$A_g$  = luas bruto penampang kolom ( $mm^2$ )

- 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), dan  
 $dp$  = diameter sengkang / begel (mm).

Jika gaya geser kolom  $V_{s,k} < 1/3.\sqrt{f_c}.b.d$ , maka:

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

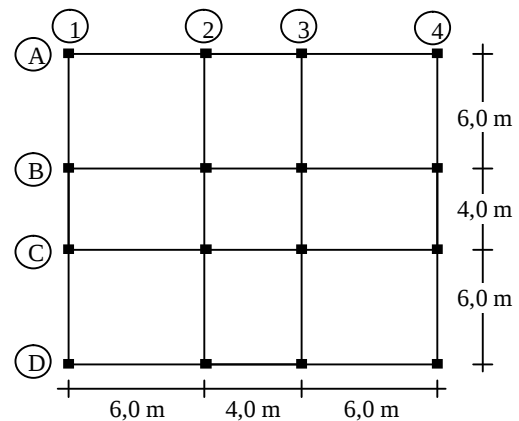
Jika gaya geser kolom  $V_{s,k} > 1/3.\sqrt{f_c}.b.d$ , maka:

$$s \leq d/4 \text{ dan } 300 \text{ mm} \quad (9)$$

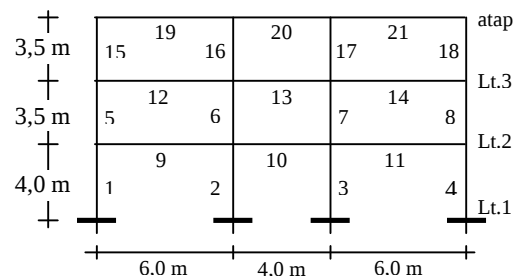
Agar diperoleh dimensi dan penulangan struktur yang cukup/tidak boros, maka dimensi struktur diambil sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil tulangan longitudinal yang sedikit lebih besar daripada ketentuan pada Persamaan (3) dan Persamaan (8).

## METODE PENELITIAN

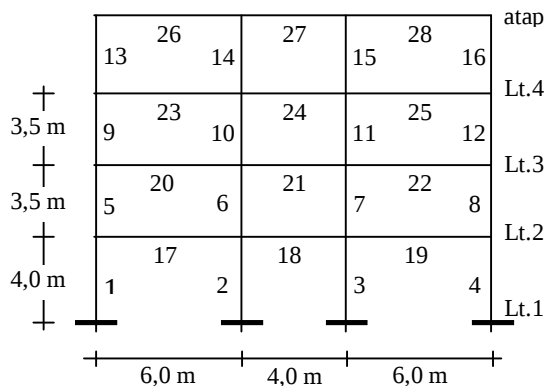
Sebagai bahan (materi) penelitian, dipilih Portal B dari suatu denah gedung. Portal B ini dibuat dengan 2 model, yaitu portal tiga lantai dan empat lantai seperti terlihat pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 3.



Gambar 1. Denah bangunan



Gambar 2. Bentuk portal tiga lantai



Gambar 3. Bentuk portal empat 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/m<sup>3</sup>.

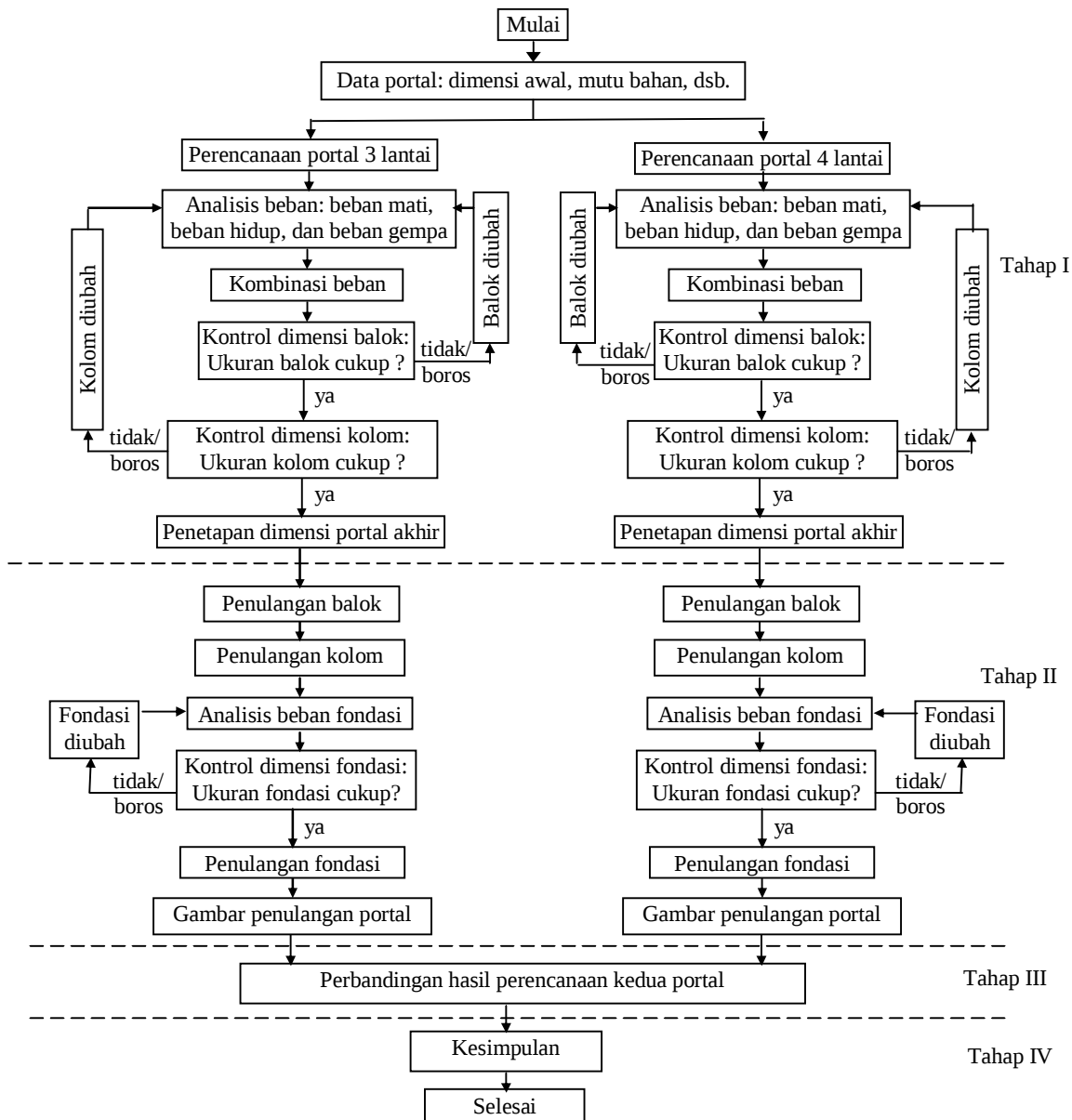
- 4). Sekat-sekat antar ruangan digunakan dinding tembok dengan berat 18 kN/m<sup>3</sup>.
- 5). Beban mati dan beban hidup dihitung berdasarkan peraturan SNI 03-1727-1989.
- 6). Digunakan fondasi telapak menerus, berat tanah di atas fondasi  $\gamma_t = 17,3$  kN/m<sup>3</sup>.
- 7). Daya dukung tanah untuk fondasi pada kedalaman -1,60 m ( $\sigma_t$ ) 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.

Penelitian ini dilaksanakan dalam empat tahap (lihat

Gambar 4), 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 portal, dan
- 4). Tahap IV : Analisis data dan 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 tiga lantai maupun empat 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.

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa balok lantai 2, lantai 3, dan lantai 4 pada portal empat lantai maupun portal tiga lantai diperoleh dimensi yang sama. Adapun dimensi ko-

lom, *sloof*, dan fondasi pada portal empat lantai diperoleh lebih besar daripada portal tiga lantai, dengan perbandingan berikut:

- 1). Pada kolom lantai 3 diperoleh 1,31 kali lebih besar.
- 2). Pada kolom lantai 2 diperoleh 1,22 kali lebih besar.
- 3). Pada kolom lantai 1 diperoleh 1,27 kali lebih besar.
- 4). Dimensi *sloof* diperoleh 1,13 kali lebih besar.
- 5). Dimensi fondasi diperoleh 1,66 kali lebih besar.

### 2. Penulangan balok

Pada perencanaan portal ini, baik portal tiga lantai maupun empat lantai, digunakan tulangan *deform* D19 (untuk tulangan longitudinal) dan tulangan polos Ø6 (untuk begel/tulangan sengkang). Hasil hitungan tulangan balok disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Dimensi portal beton bertulang

| Jenis struktur | Dimensi yang dipakai (mm) |                 | Perbandingan<br>(3) = (1)/(2) |
|----------------|---------------------------|-----------------|-------------------------------|
|                | Portal 4 lantai           | Portal 3 lantai |                               |
|                | (1)                       | (2)             |                               |
| Balok lantai 5 | 250x350                   | Tidak ada       | -                             |
| Balok lantai 4 | 250x400                   | 250x400         | 1,00                          |
| Balok lantai 3 | 300x450                   | 300x450         | 1,00                          |
| Balok lantai 2 | 300x500                   | 300x500         | 1,00                          |
| Kolom lantai 4 | 350x350                   | Tidak ada       | -                             |
| Kolom lantai 3 | 400x400                   | 350x350         | 1,31                          |
| Kolom lantai 2 | 420x420                   | 380x380         | 1,22                          |
| Kolom lantai 1 | 450x450                   | 400x400         | 1,27                          |
| Sloof          | 300x900                   | 400x800         | 1,13                          |
| Pondasi        | 280x1850                  | 250x1250        | 1,66                          |

Tabel 2. Tulangan longitudinal balok (tulangan atas + bawah)

| Letak balok | Portal 4 lantai |          |           | Portal 3 lantai |          |           | Perbandingan portal 4 dan 3 lantai |         |         |
|-------------|-----------------|----------|-----------|-----------------|----------|-----------|------------------------------------|---------|---------|
|             | Uj. kiri        | Lapangan | Uj. kanan | Uj. kiri        | Lapangan | Uj. kanan |                                    |         |         |
|             | (1)             | (2)      | (3)       | (4)             | (5)      | (6)       | (1)/(4)                            | (2)/(5) | (3)/(6) |
| Lantai 5,   |                 |          |           |                 |          |           |                                    |         |         |
| Tepi        | 6D19            | 4D19     | 7D19      | -               | -        | -         | -                                  | -       | -       |
| Tengah      | 5D19            | 4D19     | 5D19      | -               | -        | -         | -                                  | -       | -       |
| Lantai 4,   |                 |          |           |                 |          |           |                                    |         |         |
| Tepi        | 11D19           | 5D19     | 11D19     | 5D19            | 4D19     | 6D19      | 2,20                               | 1,25    | 1,83    |
| Tengah      | 8D19            | 4D19     | 8D19      | 5D19            | 4D19     | 5D19      | 1,60                               | 1,00    | 1,60    |
| Lantai 3,   |                 |          |           |                 |          |           |                                    |         |         |
| Tepi        | 11D19           | 5D19     | 11D19     | 10D19           | 5D19     | 10D19     | 1,10                               | 1,00    | 1,10    |
| Tengah      | 11D19           | 4D19     | 11D19     | 7D19            | 4D19     | 7D19      | 1,57                               | 1,00    | 1,57    |
| Lantai 2,   |                 |          |           |                 |          |           |                                    |         |         |
| Tepi        | 12D19           | 5D19     | 12D19     | 11D19           | 5D19     | 10D19     | 1,09                               | 1,00    | 1,20    |
| Tengah      | 12D19           | 4D19     | 12D19     | 9D19            | 4D19     | 9D19      | 1,33                               | 1,00    | 1,33    |

Tabel 3. Tulangan geser/begel balok

| Letak balok | Portal 4 lantai |          |           | Portal 3 lantai |          |           | Perbandingan portal 4 dan 3 lantai |         |         |
|-------------|-----------------|----------|-----------|-----------------|----------|-----------|------------------------------------|---------|---------|
|             | Uj. kiri        | Lapnagan | Uj. kanan | Uj. kiri        | Lapangan | Uj. kanan |                                    |         |         |
|             | (1)             | (2)      | (3)       | (4)             | (5)      | (6)       | (1)/(4)                            | (2)/(5) | (3)/(6) |
| Lantai 5,   |                 |          |           |                 |          |           |                                    |         |         |
| Tepi        | Ø6-130          | Ø6-130   | Ø6-130    | -               | -        | -         | -                                  | -       | -       |
| Tengah      | Ø6-130          | Ø6-130   | Ø6-130    | -               | -        | -         | -                                  | -       | -       |
| Lantai 4,   |                 |          |           |                 |          |           |                                    |         |         |
| Tepi        | Ø6-65           | Ø6-110   | Ø6-65     | Ø6-170          | Ø6-170   | Ø6-170    | 2,62                               | 1,55    | 1,62    |
| Tengah      | Ø6-155          | Ø6-155   | Ø6-155    | Ø6-170          | Ø6-170   | Ø6-170    | 1,10                               | 1,10    | 1,10    |
| Lantai 3,   |                 |          |           |                 |          |           |                                    |         |         |
| Tepi        | Ø6-95           | Ø6-170   | Ø6-90     | Ø6-110          | Ø6-170   | Ø6-90     | 1,16                               | 1,00    | 1,00    |
| Tengah      | Ø6-180          | Ø6-180   | Ø6-180    | Ø6-180          | Ø6-180   | Ø6-180    | 1,00                               | 1,00    | 1,00    |
| Lantai 2,   |                 |          |           |                 |          |           |                                    |         |         |
| Tepi        | Ø6-100          | Ø6-160   | Ø6-90     | Ø6-120          | Ø6-195   | Ø6-190    | 1,20                               | 1,22    | 2,11    |
| Tengah      | Ø6-195          | Ø6-195   | Ø6-195    | Ø6-195          | Ø6-195   | Ø6-195    | 1,00                               | 1,00    | 1,00    |

Tabel 2 menunjukkan bahwa tulangan longitudinal pada balok sebagai berikut:

- 1). Tulangan longitudinal balok ujung: baik pada balok lantai 2, lantai 3, maupun lantai 4 untuk portal empat lantai diperoleh tulangan lebih banyak daripada portal tiga lantai.
- 2). Tulangan longitudinal balok lapangan: pada balok tepi lantai 4 untuk portal 4 lantai diperoleh tulangan lebih banyak daripada portal tiga lantai, sedangkan pada balok-balok yang lain untuk kedua portal diperoleh tulangan yang sama.

Tabel 3 menunjukkan tulangan geser (begel) pada balok sebagai berikut:

- 1). Tulangan geser pada balok tepi lantai 2 untuk portal empat lantai diperoleh lebih banyak (lebih rapat) daripada portal tiga lantai, sedangkan tulangan geser lapangan pada lantai 2 untuk kedua portal diperoleh tulangan yang sama.
- 2). Tulangan geser pada balok tepi lantai 3 ujung luar untuk portal empat lantai diperoleh lebih banyak (lebih rapat) daripada portal tiga lantai, sedangkan tulangan geser yang lain pada lantai 3 untuk kedua portal diperoleh tulangan yang sama.
- 3). Tulangan geser pada balok lantai 4 (baik balok tepi maupun balok tengah) untuk portal empat lantai diperoleh lebih rapat daripada portal tiga lantai.

### 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 4.

Tabel 4 menunjukkan tulangan kolom sebagai berikut:

- 1). Kolom lantai 1: baik kolom tepi maupun kolom tengah pada portal empat lantai dipasang tulangan longitudinal lebih sedikit daripada portal tiga lantai, dan tulangan geser (begel) juga lebih renggang.
- 2). Kolom lantai 2 pada kolom tepi: pada portal empat lantai dipasang tulangan longitudinal lebih banyak daripada portal tiga lantai, dan tulangan geser (begel) juga lebih renggang.
- 3). Kolom lantai 2 pada kolom tengah: pada kedua portal dipasang tulangan longitudinal dengan jumlah sama, tetapi tulangan geser portal 4 lantai dipasang lebih renggang daripada portal 3 lantai.
- 4). Kolom lantai 3: baik kolom tepi maupun kolom tengah: pada portal empat lantai dipasang tulangan longitudinal lebih banyak daripada portal tiga lantai, dan tulangan geser (begel) juga lebih renggang.

### 4. Penulangan sloof

Penulangan *sloof* menggunakan tulangan *deform* D22 (untuk tulangan longitudinal), serta tulangan polos Ø12 dan Ø10 (untuk tulangan geser/begel). Hasil hitungan tulangan balok disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Penulangan kolom

| Jenis dan letak struktur | Portal 4 lantai |         | Portal 3 lantai |         | Perbandingan portal 4 dan 3 lantai |         |
|--------------------------|-----------------|---------|-----------------|---------|------------------------------------|---------|
|                          | Tulangan        | Begel   | Tulangan        | Begel   | (1)/(3)                            | (2)/(4) |
|                          | (1)             | (2)     | (3)             | (4)     | (5)                                | (6)     |
| Kolom lantai 4           |                 |         |                 |         |                                    |         |
| tepi                     | 6D25            | Ø10-145 | -               | -       | -                                  | -       |
| tengah                   | 6D25            | Ø10-145 | -               | -       | -                                  | -       |
| Kolom lantai 3           |                 |         |                 |         |                                    |         |
| tepi                     | 12D25           | Ø10-170 | 8D25            | Ø10-145 | 1,50                               | 0,85    |
| tengah                   | 14D25           | Ø10-170 | 10D25           | Ø10-145 | 1,40                               | 0,85    |
| Kolom lantai 2           |                 |         |                 |         |                                    |         |
| tepi                     | 14D25           | Ø10-170 | 12D25           | Ø10-160 | 1,17                               | 0,94    |
| tengah                   | 14D25           | Ø10-170 | 14D25           | Ø10-160 | 1,00                               | 0,94    |
| Kolom lantai 1           |                 |         |                 |         |                                    |         |
| tepi                     | 12D25           | Ø10-195 | 14D25           | Ø10-170 | 0,86                               | 0,87    |
| tengah                   | 12D25           | Ø10-195 | 16D25           | Ø10-170 | 0,75                               | 0,87    |

Tabel 5. Tulangan longitudinal *sloof* (tulangan atas + bawah)

| Letak <i>sloof</i> | Portal 4 lantai |          |           | Portal 3 lantai |          |           | Perbandingan portal 4 dan 3 lantai |         |         |
|--------------------|-----------------|----------|-----------|-----------------|----------|-----------|------------------------------------|---------|---------|
|                    | Uj. kiri        | Lapangan | Uj. kanan | Uj. kiri        | Lapangan | Uj. kanan | (1)/(4)                            | (2)/(5) | (3)/(6) |
|                    | (1)             | (2)      | (3)       | (4)             | (5)      | (6)       |                                    |         |         |
| Tepi               | 7D22            | 19D22    | 19D22     | 6D22            | 15D22    | 15D22     | 1,16                               | 1,27    | 1,27    |
| Tengah             | 19D22           | 9D22     | 19D22     | 15D22           | 6D22     | 15D22     | 1,27                               | 1,50    | 1,27    |

Tabel 6. Tulangan geser/begel *sloof*

| Letak <i>sloof</i> | Portal 4 lantai |          |           | Portal 3 lantai |          |           | Perbandingan portal 4 dan 3 lantai |         |         |
|--------------------|-----------------|----------|-----------|-----------------|----------|-----------|------------------------------------|---------|---------|
|                    | Uj. kiri        | Lapangan | Uj. kanan | Uj. kiri        | Lapangan | Uj. kanan | (1)/(4)                            | (2)/(5) | (3)/(6) |
|                    | (1)             | (2)      | (3)       | (4)             | (5)      | (6)       |                                    |         |         |
| Tepi               | Ø12-125         | Ø12-100  | Ø12-65    | Ø12-180         | Ø10-240  | Ø12-90    | 1,44                               | 3,46    | 1,38    |
| Tengah             | Ø12-90          | Ø12-140  | Ø12-90    | Ø10-260         | Ø10-300  | Ø10-260   | 4,16                               | 3,09    | 4,16    |

Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa tulangan longitudinal *sloof* pada portal empat lantai lebih banyak daripada portal tiga lantai, dan tulangan gesernya juga lebih rapat.

### 5. Penulangan fondasi

Penulangan fondasi pada portal empat lantai digunakan Ø10 – 90 (tulangan pokok) dan Ø8 – 90 (tulangan bagi), sedangkan pada portal tiga lantai digunakan Ø10 – 110 (tulangan pokok) dan Ø8 – 100 (tulangan bagi). Jadi tulangan

fondasi pada portal empat lantai dipasang lebih rapat dari pada portal tiga lantai.

#### 6. Penambahan satu lantai tingkat pada portal

Untuk model portal gedung kantor beton bertulang tiga lantai yang dibangun di wilayah gempa satu, jika ditambah satu lantai tingkat di atasnya (sehingga menjadi empat lantai), perlu dipertimbangkan beberapa hal berikut:

- 1). Sebagian besar dimensi portal tiga lantai, yaitu pada kolom, *sloof*, dan fondasi harus diperbesar.
- 2). Tulangan longitudinal pada balok-balok lantai 2, lantai 3, maupun lantai 4 (terutama pada balok ujung) pada portal 3 lantai harus ditambah, dan begel-begel (terutama begel balok di bagian ujung) juga harus dibuat lebih rapat.
- 3). Tulangan longitudinal pada kolom lantai 3 dan kolom tepi lantai 2 pada portal 3 lantai harus ditambah.
- 4). Tulangan longitudinal *sloof* pada portal 3 lantai harus ditambah, begelnya juga dibuat lebih rapat.
- 5). Tulangan fondasi pada portal 3 lantai juga harus dibuat lebih rapat.

Dengan pertimbangan di atas, dapat diketahui bahwa penambahan satu lantai tingkat di atas portal gedung tiga lantai yang sudah dibangun sebelumnya sangat sulit untuk dilaksanakan (kecuali dengan penanganan khusus). Jadi, penambahan satu lantai tingkat pada portal gedung tiga lantai (sehingga menjadi empat lantai) akan 'berbahaya' bila ditinjau dari segi keamanan, baik keamanan bagi struktur gedung itu sendiri maupun keamanan bagi pengguna gedung.

#### KESIMPULAN

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

- 1). Dimensi balok lantai 2, lantai 3, dan lantai 4 pada portal empat lantai sama dengan portal tiga lantai, tetapi tulangan longitudinal (terutama pada balok ujung) harus ditambah dan jarak begel juga lebih rapat.
- 2). Dimensi kolom (semua) pada portal empat lantai lebih besar daripada portal tiga lantai, tulangan longitudinal kolom lantai 3 dan kolom tepi lantai 2 harus ditambah, tetapi jarak begel lebih renggang.
- 3). Dimensi *sloof* pada portal empat lantai lebih besar daripada portal tiga lantai, tulangan longitudinal harus ditambah, dan jarak begel *sloof* juga lebih rapat.
- 4). Dimensi fondasi pada portal empat lantai lebih besar daripada portal tiga lantai, jarak tulangan juga lebih rapat.

- 5). Penambahan satu lantai tingkat pada portal tiga 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). Sebagai antisipasi 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.

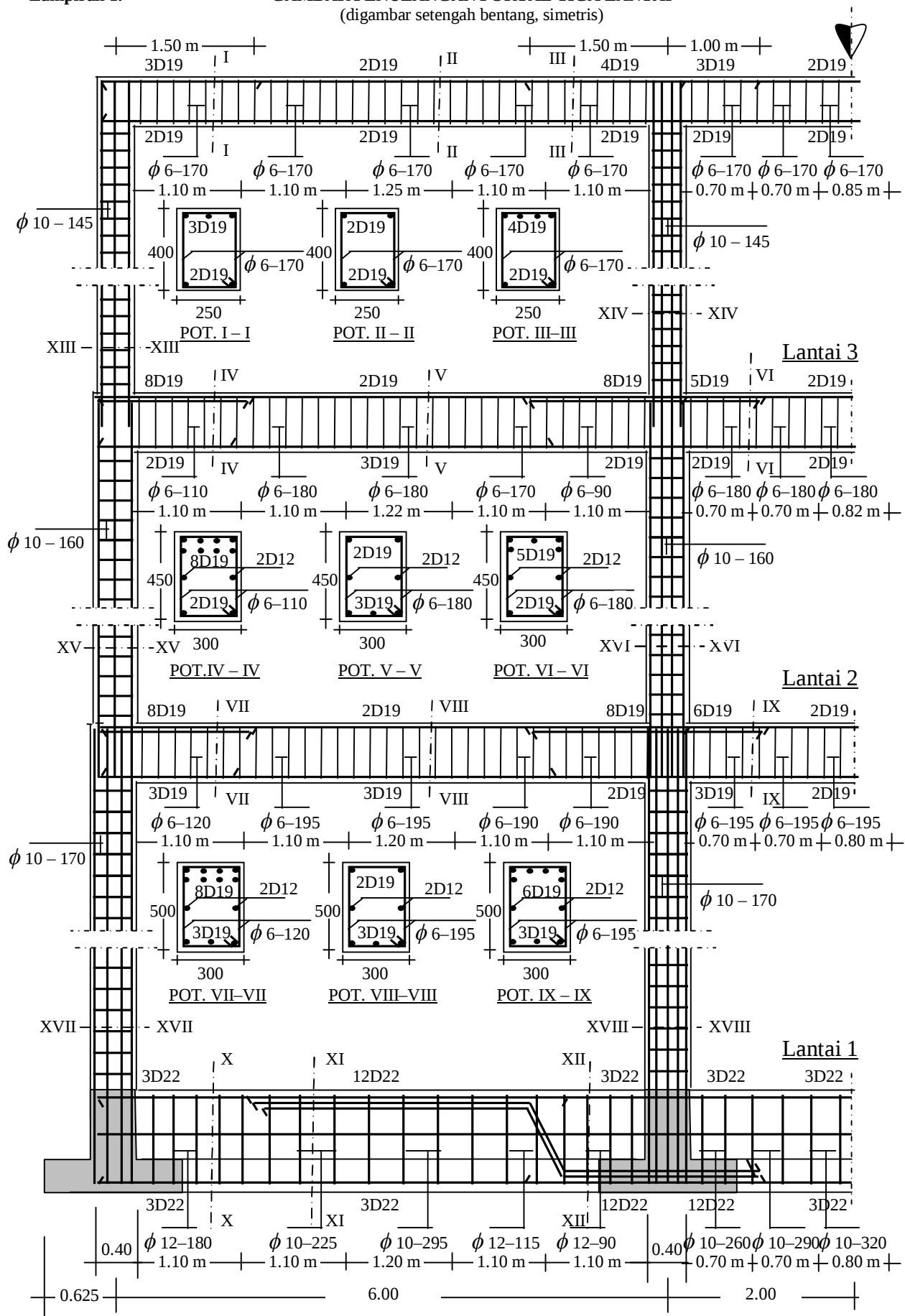
#### DAFTAR PUSTAKA

- ....., 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 Teknologi 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.

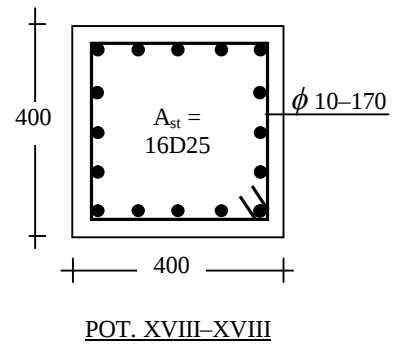
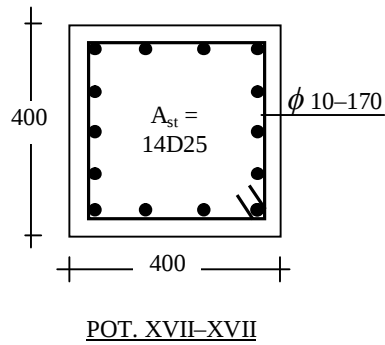
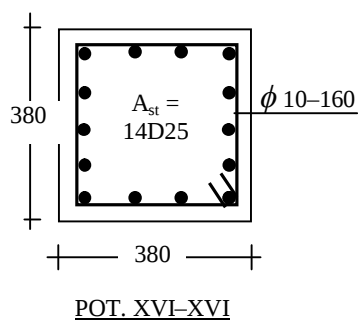
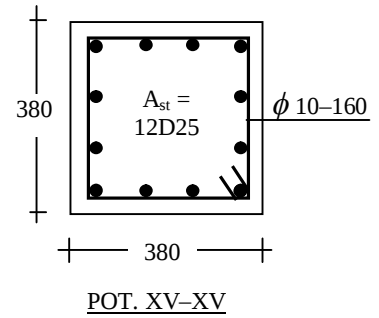
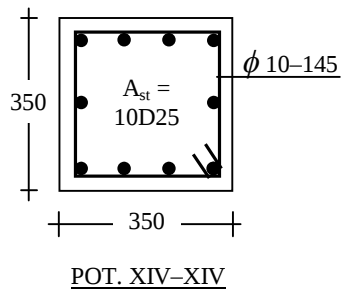
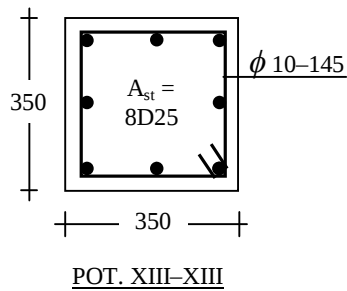
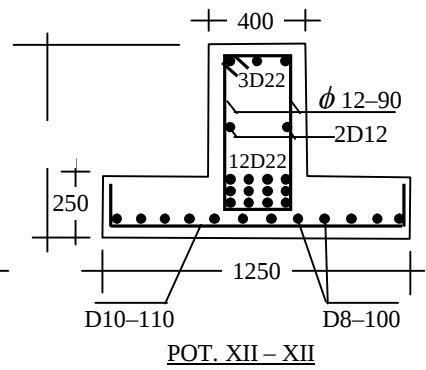
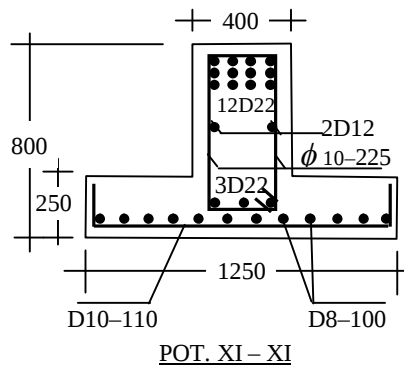
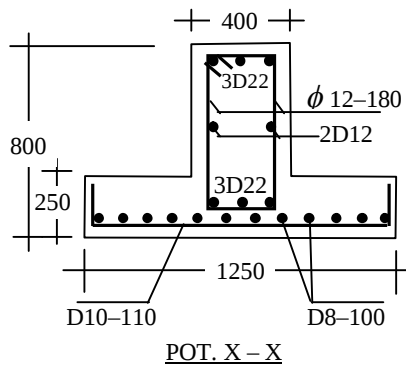
Lampiran 1:

## GAMBAR PENULANGAN PORTAL TIGA LANTAI

(digambar setengah bentang, simetris)

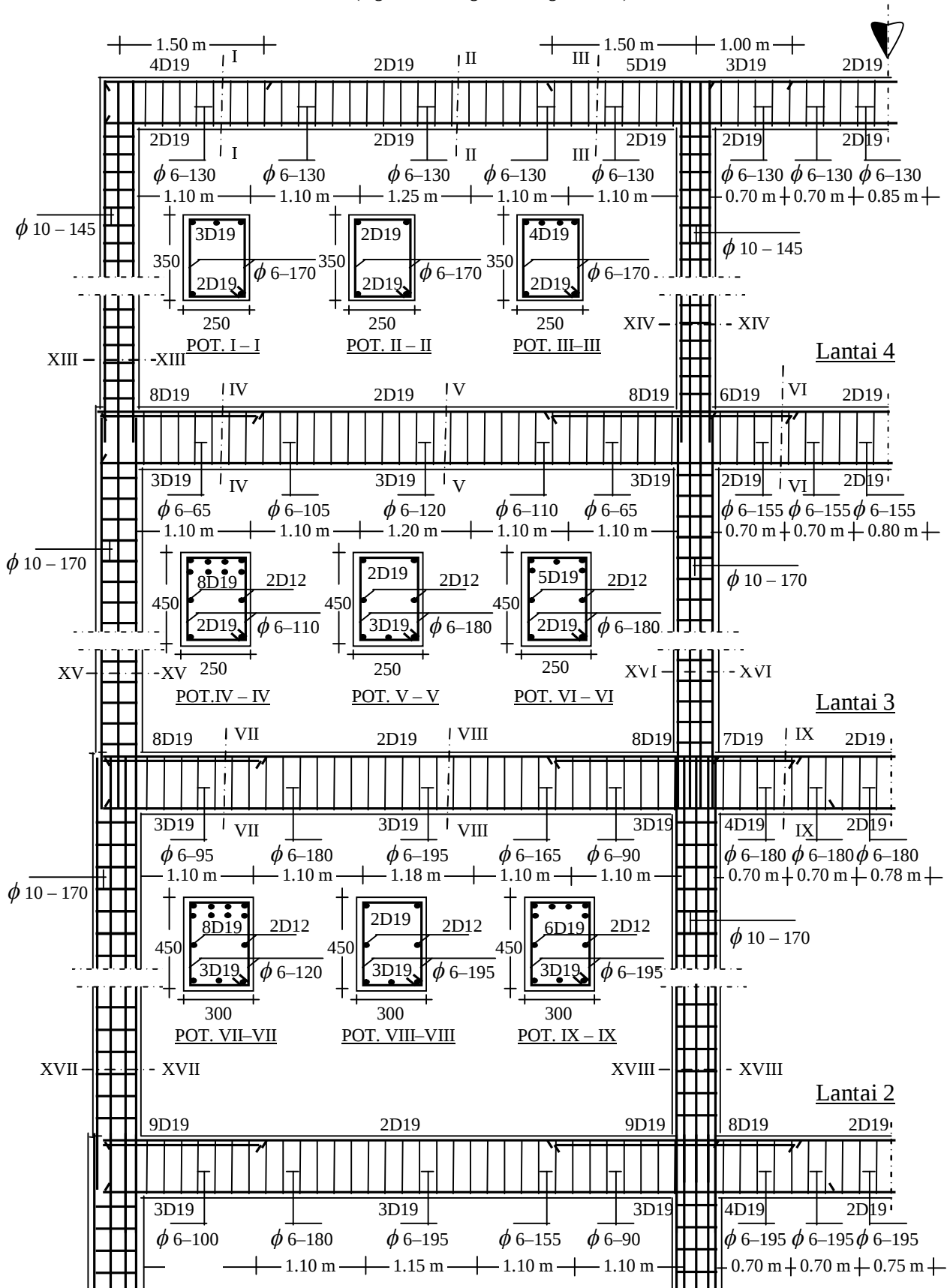


Lampiran 1: (lanjutan)



Lampiran 2:

**GAMBAR PENULANGAN PORTAL EMPAT LANTAI**  
(digambar setengah bentang, simetris)



Lampiran 2: (lanjutan)

