

# PERHITUNGAN STRUKTUR BETON BERTULANG RUMAH SAKIT JEUMPA PONTIANAK

Lukman <sup>1)</sup>, Andry Alim Lingga <sup>2)</sup>, Asep Supriyadi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Pontianak

<sup>2)</sup> Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak

## ABSTRAK

Makalah berisikan perencanaan struktur beton bertulang Rumah Sakit Jeumpa Pontianak. Perencanaan rumah sakit direncanakan sesuai dengan *Minimum Design Load for Building and Other Structures*. Analisa beban mati meliputi berat sendiri struktur serta komponen-komponen tetap seperti beban dinding, beban plesteran lantai, beban plafond, beban mekanikal elektrik dan lainnya. Beban hidup ditentukan berdasarkan kegunaan bangunan yang diatur dalam *Minimum Design Load for Building and Other Structures*. Beban gempa ditentukan berdasarkan faktor pada peta zonasi gempa, tinggi bangunan, bentuk bangunan, pemanfaatan dan lainnya yang diatur dalam Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012. Beban didistribusikan ke struktur bangunan utama dan dianalisa dengan bantuan program SAP2000. Hasil desain struktur berupa dimensi serta penulangan elemen-elemen struktur utama yang efektif. Struktur tangga dan struktur ramp dihitung terpisah dari struktur utama. Pondasi dianggap kaku sempurna sehingga dimodelkan sebagai jepit. Analisis struktur meliputi pelat, balok, kolom, dan pondasi. Dari hasil perhitungan diperoleh jumlah titik minipile pada tiap pondasi, dimensi pelat lantai, balok, dan kolom pada struktur. Dengan kata lain, gedung rumah sakit Jeumpa Pontianak berlantai 9 berlokasi di jalan Sultan Abdurrahman kota Pontianak sudah direncanakan dengan peraturan struktur beton bertulang yaitu SNI-03-2847-2013 dan peraturan gempa yang berlaku yaitu SNI 1726-2012.

**Kata kunci:** perhitungan struktur, beton bertulang, struktur tahan gempa, pelat, balok, kolom, pondasi.

## ABSTRACT

*The paper contains planning for reinforced concrete structures in Pontianak's Jeumpa Hospital. Hospital planning is planned in accordance with the Minimum Design Load for Building and Other Structures. Dead load analysis includes the structure's own weight and fixed components such as wall load, floor plastering load, ceiling load, mechanical electrical load and others. Life expenses are determined based on the usefulness of the building regulated in the Minimum Design Load for Building and Other Structures. Earthquake load is determined based on factors on the earthquake zoning map, building height, building form, utilization and others that are regulated in the Earthquake Resilience Planning Standard for Building and Non-Building Structure, SNI 1726-2012. The load is distributed to the main building structure and analyzed with the help of the SAP2000 program. The results of structural design in the form of dimensions and reinforcement of the main structural elements that are effective. The structure of the ladder and ramp structure is calculated separately from the main structure. The foundation is considered to be perfectly rigid so it is modeled as a pin. Structural analysis includes plates, beams, columns, and foundations. From the calculation results obtained the number of minipile points on each foundation, the dimensions of the floor plate, beam, and column in the structure. In other words, the Pontianak 9-storey Jeumpa hospital building located on the street of Sultan Abdurrahman in Pontianak city has been planned with the regulation of reinforced concrete structures, namely SNI-03-2847-2013 and applicable earthquake regulations, namely SNI 1726-2012*

**Keywords:** structural calculations, reinforced concrete, earthquake resistant structures, plates, beams, columns, foundations

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya perkembangan jumlah penduduk yang begitu pesat dan kebutuhan akan layanan kesehatan untuk masyarakat di Indonesia, serta untuk mendukung berbagai program pemerintah khususnya dibidang pelayanan kesehatan untuk masyarakat maka harus diimbangi

dengan berkembangnya sarana prasarana dan peningkatan pelayanan yang memadai khususnya dalam jasa kesehatan.

Rumah sakit adalah institusi pusat pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan dan gawat darurat.

Tugas rumah sakit adalah melaksanakan upaya pelayanan kesehatan secara berdaya guna dan berhasil guna dengan mengutamakan penyembuhan dan pemulihan yang dilaksanakan secara serasi dan terpadu dengan peningkatan dan pencegahan serta pelaksanaan upaya rujukan.

Namun dengan seiring bertambahnya jumlah jiwa pada angka kependudukan, maka jumlah atau tingkat layanan pada suatu rumah sakit juga akan bertambah pesat. Melihat fungsi rumah sakit yang sangat penting ini maka sangat diperlukan fisik rumah sakit yang kuat, kokoh, dan tahan lama dengan tingkat keamanan yang memadai sesuai umur rencana konstruksi tersebut.

Dengan menggunakan ilmu yang didapatkan di bangku kuliah dan dengan bantuan alat atau program bantu analitis yang terus berkembang, diharapkan hasil analisis menjadi semakin akurat, ekonomis dan dapat dipertanggungjawabkan mengingat pembangunan gedung bertingkat akan sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah di wilayah tersebut. Apalagi kondisi tanah di Kota Pontianak yang merupakan tanah lunak dengan daya dukung rendah.

Namun permasalahan sebenarnya adalah jumlah bangunan yang padat dan lahan yang sempit dipusat kota untuk dilakukan pembangunan karena membutuhkan lahan yang besar. Salah satu solusi tersebut ialah membangun gedung dengan banyak lantai. Oleh sebab itu pembangunan rumah sakit Jeumpa Pontianak diharapkan menjadi salah satu pusat pelayanan kesehatan di kota Pontianak ini direncanakan 9 lantai dirasakan sangat menunjang mengingat sudah semakin sempitnya lahan di Kota Pontianak.

## II. METODOLOGI DAN PUSTAKA

Struktur utama dari suatu bangunan dikelompokkan dalam struktur bangunan atas (*Upper Structure*) dan struktur bangunan bawah (*Lower Structure*), dimana setiap elemen struktur direncanakan sedemikian rupa agar dapat memikul beban bekerja pada elemen struktur.

Beban yang bekerja dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu beban vertikal (berupa beban mati dan beban hidup), beban horizontal (berupa beban akibat gaya gempa). Dengan kombinasi pembebanan yang akan digunakan yaitu:

- a) Ketahanan struktur utama terhadap beban hidup (*LL*), beban mati (*DL*), dan beban hujan (*R*) serta beban gempa (*E*) :

$$\textcircled{1} \quad U = 1,4D$$

$$\textcircled{2} \quad U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

$$\textcircled{3} \quad U = 1,2D + 1,6L (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$$

$$\textcircled{4} \quad U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

$$\textcircled{5} \quad U = 1,2D + 1,0E + L$$

$$\textcircled{6} \quad U = 0,9D + 1,0W$$

$$\textcircled{7} \quad U = 0,9D + 1,0E$$

- b) Ketahanan struktur untuk perencanaan pondasi terhadap beban hidup (*LL*), beban mati (*DL*), dan beban hujan (*R*) serta beban gempa (*E*):

$$\textcircled{1} \quad U = D$$

$$\textcircled{2} \quad U = D + L$$

$$\textcircled{3} \quad U = D + (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$$

$$\textcircled{4} \quad U = D + 0,75L + 0,75(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$$

$$\textcircled{5} \quad U = D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$$

$$\textcircled{6} \quad U = D + 0,75L + 0,75(0,6W) + 0,75 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$$

$$\textcircled{7} \quad U = D + 0,75L + 0,75(0,7E) + 0,75S$$

$$\textcircled{8} \quad U = 0,6D + 0,6W$$

$$\textcircled{9} \quad U = 0,6D + 0,7E$$

Pada struktur bawah dilakukan perhitungan pondasi yang berfungsi untuk meneruskan beban yang disalurkan melalui struktur atas ke tanah dasar pondasi sehingga meminimalisir terjadinya *differential settlement* pada sistem strukturnya. Untuk perencanaan pondasi digunakan data pengujian tanah yaitu data *borlog* sebanyak 3 titik dilokasi rencana pembangunan

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Preliminary Design

*Preliminary design* merupakan perencanaan pendahuluan, yaitu analisa untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan bantuan aplikasi komputer *SAP2000* untuk memperoleh dimensi dan penulangan elemen struktur yang efisien dan kuat. Dimensi-dimensi yang akan dilakukan preliminary desain yaitu balok, kolom, dan pelat. *Preliminary design* dilakukan mengacu pada peraturan-peraturan:

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013
2. Minimum design load for building and other structures.

Hasil *preliminary design* sebagai berikut:

Tebal pelat untuk lantai tipikal setebal 11 cm.

- ⌚ Balok anak :
  - B.A-1 150/300, bentang < 2,000 m.
  - B.A-2 200/400, bentang antara 2,000 m dan 5,000 m.
  - B.A-3 300/500, bentang antara 2,000 m dan 5,000 m.
- ⌚ Balok induk :
  - B.I-1 300/500, bentang 5,000 m.
  - B.I-2 400/750, bentang antara 7,500 m dan 8,000 m.
  - B.I-3 400/800, bentang 9,000 m.
- ⌚ Balok sloof :
  - B.S-1 600/1000, merupakan balok sloof utama yang langsung bertemu dengan kolom.
  - B.S-2 300/500, merupakan balok sloof anak. Juga merupakan balok anak pada lantai 1.
- ⌚ Kolom :
  - K1 800/800, berada di elevasi +0,000 s/d +8,000.
  - K2 700/700, berada di elevasi +8,000 s/d +16,000.
  - K3 600/600, berada di elevasi +16,000 s/d +24,000.
  - K4 500/500, berada di elevasi +24,000 s/d +32,000 (struktur utama) dan berada di elevasi + 0,000 s/d +16,000 (struktur ramp).
  - K5 400/400, berada di elevasi +16,000 s/d +28,000 (struktur ramp).
  - K.P 100/100, merupakan kolom praktis.

## Perencanaan Utilitas Gedung

### a. Perencanaan Tangga

Direncanakan tangga tipikal dengan satu bordes untuk setiap lantai.

- Perbedaan elevasi lantai (H) = 400 cm
- Lebar tangga (Lt) = 170 cm
- Lebar bordes (Lb) = 180 cm
- Lebar injakan (A) = 30 cm
- Jumlah antrade = 24 buah
- Jumlah optrade = 24 buah
- Tinggi injakan (O) = 16,5 cm/buah
- Tinggi bordes (Hb) = 12 x 16,5 cm = 198 cm
- Jumlah lebar injakan = 12 x 30 cm = 360 cm
- Sudut elevasi tangga

$$(\alpha_1) = \tan^{-1}(198 \text{ cm}/360 \text{ cm}) = 28,811^\circ$$

$$(\alpha_2) = \tan^{-1}(198 \text{ cm}/360 \text{ cm}) = 28,811^\circ$$

### Diperoleh penulangan sebagai berikut :

#### ⌚ Pelat Tangga

Tebal pelat : 170 mm

Tulangan utama lapangan : D10–150 mm

Tulangan utama tumpuan : D10–150 mm

Tulangan susut lapangan : Ø8–150 mm

Tulangan susut tumpuan : Ø8–150 mm

#### ⌚ Pelat Bordes

Tebal pelat : 170 mm

Tulangan utama lapangan : D10–150 mm

Tulangan utama tumpuan : D10–150 mm

Tulangan susut lapangan : Ø8–150 mm

Tulangan susut tumpuan : Ø8–150 mm

#### b. Perencanaan Ramp

- Direncanakan ramp tipikal dengan 4 bordes untuk setiap lantai.

1. Perbedaan elevasi lantai (H) = 400 cm

2. Lebar tangga (Lt) = 120 cm

3. Lebar bordes (Lb) = 240 cm

4. Tinggi bordes (Hb) = 100 cm

5. Sudut elevasi tangga

$$(\alpha_1) = (\alpha_2) = (\alpha_3) = (\alpha_4) = (\alpha_5) = \tan^{-1}(100 \text{ cm}/900 \text{ cm}) = 6,34^\circ$$

- Diperoleh penulangan sebagai berikut :

#### ⌚ Pelat Tangga

Tebal pelat : 110 mm

Tulangan utama lapangan : D10–250 mm

Tulangan utama tumpuan : D10–250 mm

Tulangan susut lapangan : Ø8–250 mm

Tulangan susut tumpuan : Ø8–250 mm

#### ⌚ Pelat Bordes

Tebal pelat : 110 mm

Tulangan utama lapangan : D10–250 mm

Tulangan utama tumpuan : D10–250 mm

Tulangan susut lapangan : Ø8–250 mm

Tulangan susut tumpuan : Ø8–250 mm

## Analisa Pembebanan

### a. Beban Hidup

- Lantai basement : 7,848 kN/m<sup>2</sup>
- Lantai 2-8 : 2,453 kN/m<sup>2</sup>
- Lantai atap : 1,226 kN/m<sup>2</sup>
- Tangga : 2,943 kN/m<sup>2</sup>
- Ramp : 2,943 kN/m<sup>2</sup>

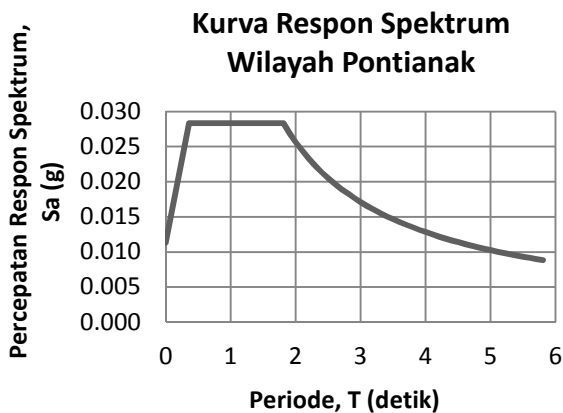
b. Beban Mati

- Berat sendiri struktur dihitung otomatis oleh program *SAP2000*
- Genangan air : 0,491 kN/m<sup>2</sup>
- Plafond : 0,196 kN/m<sup>2</sup>
- Plesteran lantai : 0,840 kN/m<sup>2</sup>
- Mekanikal dan plumbing : 0,25 kN/m<sup>2</sup>
- Dinding : 4,709 kN/m
- Elevator : 5,396 kN/m<sup>2</sup>

c. Gempa Rencana

- Kategori resiko : IV (Rumah Sakit)
- Faktor Keutamaan (*I<sub>e</sub>*) : 1,5
- Kelas Situs : SE (tanah lunak)
- *S<sub>s</sub>* : 0,017
- *S<sub>1</sub>* : 0,022
- SMS : 0,043 g
- SM1 : 0,077 g
- Sds : 0,028 g
- Sd1 : 0,051 g
- Kategori Desain Seismik : KDS A
- Sistem Rangka : SRPMB
- Koefisien modifikasi respons (*R*) : 3
- Faktor pembesaran defleksi (*CD*) : 2,5
- Analisis Gempa : Dinamik

**Respon Spektrum Disain**



Gambar 1 Kurva respons spektrum disain wilayah Kota Pontianak

**Kinerja Batas Layan**

Berdasarkan SNI-1726-2012 pasal 7.12 bahwa simpangan tingkat antar lantai desain tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin

akibat pengaruh gempa rencana yaitu membatasi terjadinya pelelehan baja, peretakan beton yang berlebihan dan, mencegah kerusakan non struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Besarnya simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_{ijin}$ ) adalah  $0,01 \cdot h_x$  dengan,  $h_x$  adalah tinggi tingkat dibawah tingkat x.

$$\Delta_{ijin} = 0,01 \cdot h_x = 0,01 \cdot 4000 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$$

Hasil analisis program *SAP2000* bahwa simpangan maksimum arah X dan Y akibat beban gempa dinamik tidak melebihi  $\Delta_{ijin}$ . Sehingga struktur aman ditinjau dari segi kinerja batas layan.

**Penulangan Pelat**

Pada perencanaan penulangan, pelat dibagi menjadi 3 tipe sesuai kebutuhan setiap lantai bangunan yaitu:

⊙ Pelat tipe 1

Didesain untuk basement area parkir pada lantai 1 dimana beban hidup yang bekerja lebih besar dibanding pelat tipikal lainnya sehingga perlu perencanaan tersendiri.

⊙ Pelat tipe 2

Didesain untuk pelat lantai 2 hingga lantai 8, dimana lantai tersebut merupakan lantai tipikal yang sama pemanfaatannya sehingga beban yang bekerja pada lantai tersebut tetap sama sesuai fungsi bangunannya.

⊙ Pelat tipe 3

Didesain untuk pelat lantai atap dimana akan ada tambahan komponen beban air hujan yang direncanakan setebal 5 cm, bak air setinggi 1,5 m..

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan penulangan pada pelat :

- Menentukan momen rencana,  $M_u$  untuk area lapangan dan tumpuan berdasarkan output dari *SAP2000* yang sudah diolah dengan persamaan momen desain tulangan pelat.

- Menghitung rasio penulangan yang diperlukan

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

- c) Membandingkan  $\rho_{perlu}$  dengan  $\rho_{min}$  dan  $\rho_{max}$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left( \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Jika  $\rho_{perlu} \leq \rho_{min}$ , maka  $\rho_{pakai} = \rho_{min}$

Jika  $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$ , maka  $\rho_{pakai} = \rho_{perlu}$

Jika  $\rho_{perlu} \geq \rho_{max}$ , maka harus redesain

- d) Perhitungan luas tulangan yang diperlukan

$$AS_{perlu} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d$$

### Penulangan Balok

Berikut merupakan langkah perhitungan penulangan lentur pada balok :

- o Menentukan spesifikasi setiap material
- o Menentukan dimensi balok ( $b \times h$ )
- o Menentukan ukuran tulangan pokok  $D$  dan tulangan geser  $D_s$
- o Menentukan tebal selimut beton  $p_b$
- o Menentukan pembebanan yang dipikulkan pada balok
- o Menentukan momen lentur ultimit  $M_u$
- o Menghitung tinggi efektif balok  $d = h - p_b - D_s - D$
- o Menghitung rasio penulangan yang diperlukan,

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c}$$

- ⊙ Membandingkan  $\rho_{perlu}$  dengan  $\rho_{min}$  dan  $\rho_{max}$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \left( \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Jika  $\rho_{perlu} \leq \rho_{min}$ , maka  $\rho_{pakai} = \rho_{min}$

Jika  $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$ , maka  $\rho_{pakai} = \rho_{perlu}$

Jika  $\rho_{perlu} \geq \rho_{max}$ , maka harus redesain

- ⊙ Perhitungan luas tulangan yang diperlukan

$$AS_{perlu} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d$$

- ⊙ Cek persyaratan jarak bersih antar tulangan terhadap jarak bersih minimum yang diisyaratkan besar tulangan dan tidak kurang dari 25 mm (SNI 2847-2013 pasal 7.6.1)
- ⊙ Cek apabila tulangan utama direncanakan dua lapis atau lebih, maka tulangan pada lapis bawah harus diletakkan tepat di bawah tulangan di atasnya dengan spasi bersih antar lapis tidak boleh kurang dari 25 mm (SNI 2847-2013 pasal 7.6.2)
- ⊙ Periksa kapasitas desain dengan tulangan yang terpasang terhadap persyaratan perencanaan, dengan nilai (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.1)

Berikut langkah-langkah perhitungan penulangan lentur geser dan puntir pada balok :

- a) Menentukan gaya dalam akibat beban terfaktor berupa kuat geser ultimit  $V_u$ , dan puntir ultimit  $T_u$
- b) Jika momen torsi yang diperoleh

$$T_u \leq \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right), \text{ maka pengaruh torsi}$$

boleh diabaikan. Perencanaan akan dilakukan sama dengan perencanaan penulangan geser biasa seperti berikut (SNI 2847-2013 pasal 11.5.1) :

- ⊙ Menentukan gaya geser  $V_u$  berdasarkan hasil analisis struktur
- ⊙ Menghitung kuat geser penampang beton  $\phi V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$  dengan,  $\phi = 0,75$  (SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1)

- ⊙ Perhitungan tulangan minimum untuk tulangan geser jika  $\phi V_c > V_u$ ,

$$A_{v,\min} = 0.062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

Jika nilai  $V_u \geq \phi V_c$  maka diperlukan sengkang dengan  $V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$

- ⊙ Kontrol nilai

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_{yt} \cdot d} \geq A_{v,\min} = 0.062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

- ⊙ Jika nilai momen puntir yang diperoleh

$$T_u \leq \phi 0.083 \lambda \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right), \text{ maka pengaruh}$$

puntir harus diperhitungkan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Cek apakah penampang balok yang mengalami puntir dan geser harus memenuhi persyaratan penampang solid sebagai berikut:

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left( \frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{v_c}{b_w \cdot d} + \frac{2 \sqrt{f_c'}}{3} \right)$$

jika tidak memenuhi persyaratan tersebut maka dimensi penampang balok harus diperbesar. (SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1).

- Hitung  $A_{cp}$ ,  $P_{cp}$ ,  $A_{oh}$ , dan  $P_h$
- Perhitungan luas tulangan sengkang untuk puntir mengacu pada persamaan:

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 A_0 f_{yv} \cot \theta}$$

dengan dan nilai  $A_0 = 0,85 A_{oh}$  dan nilai  $\theta = 45^\circ$  (SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6)

- Perhitungan sengkang untuk menahan gaya geser  $\frac{A_t}{s} = \frac{V_s}{f_{yt} \cdot d}$
- Menentukan kebutuhan tulangan sengkang dari perbandingan sengkang total perlu dan sengkang minimum diambil yang terbesar.

$$A_v + 2 A_t \geq 0.062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

$$A_v + 2 A_t \geq 0.35 \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

(SNI 2847-2013 pasal 11.5.5.2)

- Jarak sengkang tertutup untuk puntir  $s \leq \frac{P_h}{8}$  atau 300 mm (SNI 2847-2013 pasal 11.5.6.1)
- Jarak sengkang yang diperoleh dalam perencanaan ini harus memenuhi persyaratan dalam perencanaan sengkang geser biasa.
- Menghitung tulangan longitudinal tambahan untuk menahan gaya puntir (SNI 2847-2013 pasal 11.5.5.3):

$$A_{l,\min} = \frac{0.42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y}$$

- ⊙ Penempatan tulangan puntir disebar disekeliling perimeter sengkang dengan spasi antar tulangan  $\leq 300$  mm. Minimal pemasangan tulangan puntir pada keempat
- ⊙ sudut sengkang tertutup harus dipasangi satu batang tulangan longitudinal. (SNI 2847-2013 pasal 11.5.6.2)

### Penulangan Kolom

Perhitungan penulangan kolom dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menentukan gaya-gaya dalam yang bekerja pada kolom berdasarkan analisa aplikasi SAP2000 berupa  $P_u$ , dan  $M_u$
- Menentukan dimensi penampang kolom, momen inersia penampang balok ( $I_b$ ), dan kolom ( $I_k$ )
- Menentukan panjang kolom ( $l_k$ ), panjang bersih kolom ( $l_{nb}$ ), dan panjang balok.
- Mengasumsikan jumlah penulangan kolom dengan rasio minimum yakni sebesar 1%.
- Membuat diagram interaksi kolom dengan asumsi penulangan dengan rasio penulangan minimum yakni 1%.
- Plotkan gaya-gaya dalam hasil program SAP2000 dalam diagram interaksi kolom.
- Menentukan penulangan kolom tersebut.
- Cek kembali kapasitas tulangan yang terpasang.
- Menghitung kebutuhan sengkang berdasarkan ketentuan penulangan sengkang untuk kolom.

### Penulangan Balok Induk dan Balok Anak

Dalam perhitungan gaya-gaya dalam maksimum akibat berbagai kombinasi beban yang bekerja akan menghasilkan luasan tulangan yang dibutuhkan penampang balok tersebut. Luasan tulangan yang diperoleh adalah luasan tulangan lentur, tulangan geser, dan tulangan torsi.

Keluaran dari program komputer tersebut harus dikontrol berdasarkan peraturan yang berlaku.

### Perencanaan Pondasi

Pada perencanaan pondasi digunakan data N-SPT sebagai data perhitungan kebutuhan *minipile* pada setiap titik pondasi.

Berikut tahapan perhitungan daya dukung pondasi yang ditinjau:

- a) Daya dukung ujung tiang berdasarkan nilai N-SPT

Diketahui pada kedalaman 30 m merupakan tanah berkarakteristik lempung, lanau, pasir warna abu-abu dengan konsistensi kaku.

$$Q_u = 40 \times N_b \times A_p$$

Dengan,

$N_b$  = harga N-SPT pada elevasi dasar tiang

$A_p$  = luas penampang dasar tiang ( $m^2$ )

- b) Daya dukung rekatan tiang (friction) berdasarkan nilai N-SPT

Diketahui pada kedalaman 30 m merupakan tanah berkarakteristik lempung, lanau, pasir warna abu-abu dengan konsistensi kaku (koefisien untuk tanah lempung digunakan 0,2  $\dot{N}$  dan untuk pasir digunakan 0,5  $\dot{N}$ ).

$$Q_s = 0,2 \times \dot{N} \times (O \times t)$$

Dengan,

$\dot{N}$  = harga N-SPT rata-rata pada 8D diatas dan 4D dibawah elevasi pancang

O = keliling penampang tiang pancang (m)

t = tebal lapisan (sesuai kondisi tanah)

Sehingga,

$$8D = 8 \times 0,250 = 2,000 \text{ m}$$

$$d_1 = 30,000 - 2,000 = 28,000 \text{ m}$$

$$Nd_1 = 19$$

$$4D = 4 \times 0,250 = 1,000 \text{ m}$$

$$d_2 = 30,000 + 1,000 = 31,000 \text{ m}$$

$$Nd_2 = 21$$

$$\dot{N} = (Nd_1 + Nd_2) / 2$$

$$\dot{N} = 20$$

Data-data pondasi sebagai berikut:

- Jenis pondasi : Minipile
- Bentuk pondasi : Segi empat
- Dimensi pondasi : 25 cm x 25 cm
- Kedalaman pondasi : 30 m

### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Struktur suatu bangunan hendaknya direncanakan untuk memenuhi 3 kriteria dalam perencanaan antara lain : kuat, ekonomis, dan efisien. Semakin besar dimensi-dimensi elemen struktur utama tentu akan memberikan kekuatan yang besar, namun dengan dimensi yang besar, maka beban yang dipikulkan akan semakin besar yang diteruskan ke pondasi sehingga pondasi juga akan membesar sehingga bangunan tersebut menjadi tidak ekonomis dan efisien. Perencanaan harus disesuaikan dengan kegunaan gedung tersebut. Perencanaan juga harus mengacu pada peraturan yang berlaku saat ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- , 2013, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SK SNI 2847-2013*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- , 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- , 2010, *Minimum Design Load For Building and Other Structures*, American Society of Civil Engineers: Structural Engineering Institute.
- , 1981, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*, Bandung: Direktorat Penelitian Masalah Bangunan.
- , 2013, *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- , 2014, *Baja Tulangan Beton*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- , 2004, *Syarat-Syarat Umum Konstruksi Lift Penumpang yang Dijalankan dengan Motor Traksi tanpa Kamar Mesin*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- , 2004, *Syarat-Syarat Umum Konstruksi Lift Penumpang yang Dijalankan dengan Motor Traksi tanpa Kamar Mesin*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- W. C. Vis dan Gideon. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*, Surabaya: Konsultan Engineering Teknik Sipil W. C. Vis. dan Universitas Petra Surabaya.
- Hadary, F., dkk. 2009. *Teknik Penulisan Skripsi*. Edisi ke-1. Pontianak: Fakultas Teknik Untan.
- Novan. 2016. *Perhitungan Struktur Beton Bertulang Hotel 8 Lantai di Jalan Ahmad Yani 2 Kubu Raya*. /Program Sarjana Universitas Tanjungpura.
- Andi. 2014. *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan Capwap*. /Program Sarjana Universitas Bangka Belitung.
- Wahana Komputer. 2010, *Panduan Praktis Analisis Struktur Bangunan dan Gedung dengan SAP2000 Versi 14*, Yogyakarta: Andi Offset.
- Jimmy. 2005, *Panduan Sistem Bangunan Tinggi* , Jakarta: Erlangga