

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembebanan

Dalam perencanaan bangunan ada beberapa jenis beban yang harus ditinjau yaitu

#### 2.1.1 Beban mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

*(PPIUG 1983, Pasal 1.0.1)*

#### 2.1.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap.

*(PPIUG 1983, Pasal 1.0.2)*

#### 2.1.3 Beban Gempa :

Beban gempa adalah beban yang berpengaruh terhadap struktur bangunan yang disebabkan oleh besar kecilnya frekuensi gempa pada daerah tersebut. beberapa macam kategori resiko berdasarkan gempa adalah sebagai berikut

##### a. Faktor respon gempa statis

Dijelaskan pada tabel berikut :

**Tabel 2.1a** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"><li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li></ul>	I

<b>Jenis pemanfaatan</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industry</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II

(Sumber : SNI 1726:2012)

**Tabel 2.1b** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

<b>Jenis pemanfaatan</b>	<b>Kategori risiko</b>
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan</p>	

dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal	
<p>terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan, atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, atau bahan mudah meledak yang mengandung bahan peracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas</p>	III

(Sumber : SNI 1726:2012)

**Tabel 2.1c** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> </ul>	IV

(Sumber : SNI 1726:2012)

## 2.2 Perencanaan Struktur Beton

Perencanaan struktur beton meliputi struktur primer dan sekunder. Penjelasannya sebagai berikut:

### 2.2.1 Pelat

Pelat adalah struktur sekunder yang digunakan sebagai dasar dari lantai di setiap bangunan.

#### a. Perencanaan pelat satu arah

**Tabel 2.2a** Perencanaan Pelat Satu Arah

Komponen struktur	Tebal minimum			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	kantilever

(Sumber : SNI 1726:2012)

**Tabel 2.2b** Perencanaan Pelat Satu Arah

Pelat masif satu arah	Tebal minimum			
	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
CATATAN : Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulang mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasi sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), <math>w_c</math>, diantara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan <b>(1,65-0,003w<sub>c</sub>)</b> tetapi tidak kurang dari 1,09.</li> <li>• Untuk <math>f_y</math> selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan <b>(0,4 + f<sub>y</sub>/700)</b>.</li> </ul>				

(Sumber : SNI 2847:2013)

#### b. Perencanaan Pelat Dua Arah

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya dengan  $\frac{L_y}{L_x} < 2,0$  maka harus memenuhi ketentuan sebagai berikut

:

- Untuk  $\alpha_m \leq 0,2$ , digunakan :
- Pelat tanpa penebalan >120mm
- Pelat dengan penebalan >100mm

- Untuk  $0,2 < \alpha m < 2,0$ , ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} > 120 \text{ mm.} \quad (\text{rumus 2.1})$$

- Untuk  $\alpha m > 2,0$  ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} > 90 \text{ mm} \quad (\text{rumus 2.2})$$

(SNI 2847:2013 pasal 13)

### c. Analisis Struktur Pelat

Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cp} \times I_p} > 1 \quad (\text{Sumber : SNI 03-2847-2013})$$

Dimana :

$E_{cb}$  = modulus elastisitas balok beton

$E_{cp}$  = modulus elastisitas pelat beton

$I_b$  = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

$I_p$  = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat

### d. Syarat Pelindung Beton

Syarat pelindung beton adalah sebagai berikut :

#### 1. Beton Cor di Tempat (non-prategang)

Selimut yang disyaratkan untuk tulangan tidak boleh kurang dari berikut ini :

**Tabel 2.3a** Pelindung Beton Cor di Tempat (non-prategang)

Keterangan	Tebal minimum selimut (mm)
Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah.	75
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batang D-19 hingga D-57</li> <li>• Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D-16 dan yang lebih kecil</li> </ul>	50 40

(Sumber : SNI 1726:2012)

**Tabel 2.3b** Pelindung Beton Cor di Tempat (non-prategang)

<b>Keterangan</b>	<b>Tebal minimum selimut (mm)</b>
Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah :	
<u>Pelat, dinding, pelat berusuk :</u>	
Batang D-44 dan D-56	
Batang D-36 dan yang lebih kecil	40
<u>Balok, kolom</u>	20
Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral.	
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u>	40
Batang D-19 dan yang lebih besar	
Batang D-16, jaring kawat polos P-16 atau ulir D-16 dan yang lebih kecil.	20
	13

(Sumber : SNI 2847:2013)

## 2. Beton Cor di Tempat (prategang)

Selimut yang disyaratkan untuk tulangan, selongsong, penutup ujung, prategang dan non-prategang tidak boleh kurang dari berikut ini:

**Tabel 2.4a** Pelindung Beton Cor (prategang)

<b>Keterangan</b>	<b>Tebal minimum selimut (mm)</b>
Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah.	75
Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah :	
<u>Pelat, dinding, pelat berusuk :</u>	
Slab, dinding, balok usuk	20
<u>Balok, kolom</u>	
Tulangan utama	40
Pengikat, sengkang, lilitan spiral.	25
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u>	
Batang D-19 dan yang lebih besar	10
Batang D-16, jaring kawat polos P-16 atau ulir D-16 dan yang lebih kecil.	20

(Sumber : SNI 2847:2013 Pasal 7.7.1)

### 3. Persyaratan Spasi Tulangan

Menurut **SNI 03-2847-2013** adalah :

jarak bersih antar tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25mm. Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi:

- 1/5 jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan.
- 1/3 ketebalan pelat lantai

$\frac{3}{4}$  jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundel tulangan atau tendon-tendon prategang atau selongsong-selongsong. Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25mm. Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 1,5 db ataupun 40mm.

### 4. Penulangan Tulangan

Menurut (**SNI 03-2847-2013, Pasal 10.4.3**)

a.) Rasio penulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \quad \rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

Jika  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$  maka  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\text{Sehingga} \quad \rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$\text{As} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

b.) Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$S_{\max} < 2 \times h$$

c.) Kontrol tulangan susut dan suhu.

Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014

**Tabel 2.5** Rasio Tulangan Susut dan Suhu

	<b>Keterangan</b>	<b>Rasio tulangan minimum terhadap luas bruto</b>
a	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 Mpa	0,0020
b	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos ulir) mutu 400Mpa	0,0018
c	Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	$0,0018 \times \frac{400}{f_y}$

(Sumber : SNI 1726:2012)

d.) Kontrol jarak spasi tulangan susut dan suhu

$$S < 5h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

e.) Kontrol retak tulangan

Bila tegangan leleh rencana  $f_y$  untuk tulangan tarik melebihi 300Mpa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian sehingga nilai  $z$  yang diberikan oleh :

$z = f_s \times^3 \sqrt{d_c \times A}$  tidak melebihi 30MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

Tegangan pada tulangan akibat beban kerja  $f_s$  (MPa) harus dihitung sebagai momen maksimum tak terfaktor dibagi dengan hasil kali luas tulangan baja dengan lengan momen dalam. Bila tidak dihitung dengan cara di atas,  $f_s$  boleh diambil sebesar 60% dari kuat leleh  $f_y$  yang disyaratkan.

$A = 2 \times d_c \times s$  dimana  $s$  adalah jarak antara batang tulangan.

Untuk lebar retak yang digunakan adalah :

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \times^3 \sqrt{d_c \times A}$$

$\leq 0,4\text{mm}$  untuk penampang didalam ruangan

$\leq 0,3\text{mm}$  untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

Spasi tulangan yang berada paling dekat pada permukaan tarik tidak boleh melebihi  $s = \frac{9500}{f_y} - 2,5C_c$ . Tetapi tidak boleh melebihi

$$300 \left( \frac{252}{f_s} \right)$$

### 2.2.2 Komponen Lentur/ Balok

Komponen-komponen lentur harus memenuhi (*SNI 03-2847-2013*) agar penampangnya terbukti berkinerja baik. Tiap komponen harus cukup dektail dan cukup efisien mentransfer momen ke kolom dan kolom-kolom yang terkena momen dan beban aksial terfaktor  $< A_g f_c' / 10$  boleh didesain sebagai komponen lentur.

#### a. Syarat Penulangan

Syarat penulangan menurut **SNI 03-2847-2013** adalah:

Tulangan minimal harus sedikitnya:

Pada tiap potongan atas dan bawah.

$$A_s = \frac{b_w \cdot d}{4 \cdot f_y} \quad \text{atau} \quad A_s = \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{f_y} \quad (\text{rumus 2.3})$$

Ratio tulangan  $< 0,025$ . Kekuatan momen positif dimuka kolom  $> \frac{1}{2}$  kuat momen negative dimuka kolom. Sedikitnya dipasang 2 tulangan diatas dan bawah ditiap potongan secara menerus. Ditiap potongan sepanjang komponen tidak boleh ada kuat momen negative maupun positif yang kurang dari  $\frac{1}{4}$  kuat momen maximum yang terpasang dikedua muka kolom

#### 2.2.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur

Menurut **SNI 2947 2013**, Perhitungan tulangan lentur dibagi menjadi dua yaitu :

##### a. Tulangan Tunggal

Tulangan tunggal adalah jumlah tulangan yang diperlukan daam merencanakan struktur beton berjumlah satu atau tunggal. Berikut adalah skemanya.

##### 1. Rasio Penulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (\text{rumus 2.4})$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{rumus 2.5})$$

$$\rho_{\max} = 0,75\rho_b \quad (\text{rumus 2.6})$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \longrightarrow Mn_{\text{perlu}} = \frac{Mu}{\phi} \quad (\text{rumus 2.7})$$

$$Rn = \rho \times f_y \times \left(1 - \frac{1}{2} \times \rho \times m\right) \quad (\text{rumus 2.8})$$

$$b \cdot d^2 = \frac{Mn_{\text{perlu}}}{Rn} \longrightarrow \text{tentukan } b \text{ dan } d \quad (\text{rumus 2.9})$$

2. Menentukan rasio tulangan

$$Rn_{\text{perlu}} = \frac{Mn_{\text{perlu}}}{b \times d^2} \quad (\text{rumus 2.10})$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}}\right) \quad (\text{rumus 2.11})$$

Jika  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$  maka  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%. Sehingga  $\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$

$$As = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$As = \rho \times b \times d \longrightarrow As_{\text{pasang}}$$

3. Cek kapasitas penampang

$$a = \frac{(As_{\text{pasang}} \times f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} \quad (\text{rumus 2.12})$$

$$Cc = 0,85 \times f_c' \times b \times a \quad (\text{rumus 2.13})$$

$$T = As \times f_y \quad (\text{rumus 2.14})$$

$$Mn = Cc \times a \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \dots Nm \quad (\text{rumus 2.15})$$

$$\phi Mn > Mu \dots \text{OK} \quad (\text{rumus 2.16})$$

#### b. Tulangan Rangkap

Tulangan rangkap adalah jumlah tulangan yang diperlukan daam merencanakan struktur beton berjumlah lebih dari satu. Berikut adalah skemanya.

1. Tentukan nilai momen tumpuan lapangan pada balok. (hasil dapat dari output software).
2. Rencanakan  $f_y$ ,  $f_c'$ ,  $d$ ,  $d'$ ,  $d''$

$$3. Mn_{\text{perlu}} = \frac{Mu}{\phi} \quad (\text{rumus 2.17})$$

4. Tentukan nilai  $x$  (garis netral)

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d \quad (\text{rumus 2.18})$$

$$x_{\max} = 0,75 \times x_b \quad (\text{rumus 2.19})$$

5. Hitung Gaya

$$a = x \cdot \beta \quad (\text{rumus 2.20})$$

$$Cc = 0,85 \times f'c \times b \times a \quad (\text{rumus 2.21})$$

$$Cs = A's \times (f_y - 0,85 \cdot f'c) \quad (\text{rumus 2.22})$$

6. Hitung Momen Gaya yang bekerja

$$Mn = Mnc + Mns \quad (\text{rumus 2.23})$$

$$Mnc = Cc \times \left( d - \frac{a}{s} \right) \quad (\text{rumus 2.24})$$

$$Mns = Cs \times (d - d') \quad (\text{rumus 2.25})$$

7. Menghitung Luasan Tulangan yang dibutuhkan

$$f's' = \left( \frac{x - d''}{x} \right) \times 600 \quad (\text{rumus 2.26})$$

gunakan  $f's$  bila  $> f_y$  (untuk Tulangan tekan)

$$A's' = \frac{Cs}{(f's - 0,85 f'c)} \quad (\text{rumus 2.27})$$

$$As = \frac{Cs}{f_y} + \frac{Cc}{f_y} \quad (\text{rumus 2.28})$$

8. Tentukan nilai  $As$  dan  $A's$  yang dipakai

9. Cek keserasian tegangan yang terjadi berdasarkan tulangan yang terpasang

$$T = Cc + Cs \quad (\text{rumus 2.29})$$

$$As \times f_y = (0,85 \times f'c \times b \times a) + (A's(f's - 0,85 f'c)) \quad (\text{rumus 2.30})$$

$$As \times f_y = (0,85 \times f'c \times b \times (x \cdot \beta)) + A's \left( \left( \left( \frac{x - d''}{x} \right) \times 600 \right) - 0,85 f'c \right)$$

Dengan hasil dari rumus diatas maka didapat hasil nilai  $x$  yang sesuai dengan tulangan yang terpasang

10. Hitung nilai  $f's$  yang sebenarnya dengan nilai  $x$

$$f's = \frac{(x - d') \times 600}{x} \quad (\text{rumus 2.31})$$

11. Hitung Kapasitas Momen yang Terjadi Sesuai Tulangan yang Terpasang

$$Mn1 = (As \cdot 1,25 f_y - A' s \cdot f' s) x \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (\text{rumus 2.32})$$

$$Mn2 = (A' s \cdot f' s) x (d - d') = 0 \quad (\text{rumus 2.33})$$

$$Mn = Mn1 + Mn2 \quad (\text{rumus 2.34})$$

$\phi Mn > Mu \dots \text{OK}$

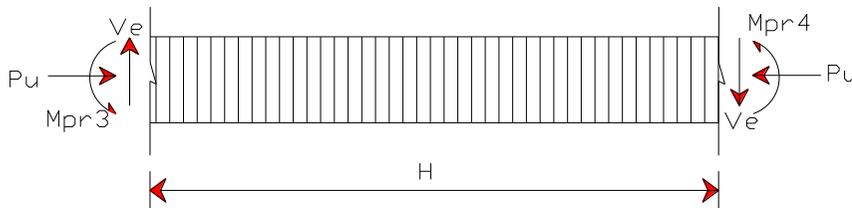
12. Periksalah Jarak Tulangan

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{tul.sengkan}) - (n \times \phi_{tul.utama})}{n - 1} \quad (\text{rumus 2.35})$$

$$s \geq 35 \text{ mm}$$

( atau sesuai dengan ukuran max Agregat Kasar )

### 2.2.2.2 Perhitungan penulangan geser



**Gambar 2.1** Gaya Lintang Rencana Pada Kolom Untuk SRPMK

Gaya rencana  $V_e$ , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut pasal 23.4(5(1)) harus ditentukan dari kuat momen max  $M_{pr}$  dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu di HBK.  $M_{pr}$  ini ditentukan berdasarkan rentang beban aksial terfaktor yang mungkin terjadi dengan  $\phi = 1,0$  dan juga diambil sama dengan momen balance diagram interaksi dari kolom dengan menggunakan nilai  $f_s = 1,25f_y$ .

Untuk mendapatkan nilai  $M_{pr}$  kolom atas dan bawah, maka akan digunakan program bantu PcaCol

Setelah didapat nilai Momen ( $M_{ntp}$  dan  $M_{nbt}$ ) dari program bantu PCACOL maka nilai  $V_e$  :

$$V_e = \frac{(Mn_{top} + Mn_{bottom})}{h} \quad (\text{Rumus 2.36})$$

Untuk gaya geser desain berdasarkan  $M_{pr}$  positif dan negatif dari balok-balok yang bertemu di HBK :

$$V_u = \frac{(M_{pr}^+ + M_{pr}^-)}{L} \quad (\text{Rumus 2.37})$$

Berdasarkan Pasal 23.4.5(1), "Gaya geser rencana tidak perlu lebih besar daripada gaya geser rencana yang ditentukan dari kuat hubungan balok-kolom berdasarkan kuat momen maksimum  $M_{pr}$ , dari komponen struktur transversal yang merangka pada hubungan balok- kolom tersebut.

$$V_e < V_u$$

$$\frac{(M_{n_{top}} + M_{bottom})}{h} < \frac{(M_{pr}^+ + M_{pr}^-)}{L} \quad (\text{Rumus 2.38})$$

Gaya geser yang disumbangkan beton akibat gaya tekan aksial

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g}\right) \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_w \times d\right) \quad (\text{Rumus 2.39})$$

(Sumber: SNI 03-2847-2013)

Namun pada daerah- daerah yang disebutkan pasal 23.3(3(1)) harus dirancang untuk memikul geser dengan menganggap  $V_c = 0$

" Berdasarkan **Pasal 23.3(4(2))**, gaya  $V_c = 0$  apabila;

- Gaya geser akibat gempa saja ( yaitu akibat  $M_{pr}$  )  $> 0,5$  total geser ( akibat  $M_{pr}$  + beban gravitasi ).

- Gaya aksial tekan  $< \frac{(A_g \times f'_c)}{20}$ .

Berdasarkan pasal 23.3(3(1)) dan 23.3(3(2)) bahwa," Hoops diperlukan sepanjang  $2h$  dari muka kolom pada dua ujung kompone lentur, dengan meletakkan hoop pertama sejarak 50 mm dari muka kolom. Jarak hoops disyaratkan  $s$  harus tidak melebihi;

$$\begin{aligned} S_{max} &= d/4 \\ &= 8 \text{ db tulangan longitudinal} \\ &= 24 \text{ db Hoops} = 300\text{mm} \end{aligned}$$

Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, maka kuat geser ( $V_c$ ) harus dihitung menggunakan rumus

$$V_c = 1 + \frac{N_u}{14A_g} \times \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b_w \times d$$

(Rumus 2.40)

- Persyaratan Kuat Lentur

Berdasarkan prinsip "Capacity Design" dimana kolom harus diberi cukup kekuatan, sehingga kolom- kolom tidak leleh lebih dahulu sebelum balok. Goyang

lateral memungkinkan terjadinya sendi plastis diujung-ujung kolom akan menyebabkan kerusakan berat, karena itu harus dihindarkan. Oleh sebab itu kolom-kolom selalu didesign 20% lebih kuat dari pada balok-balok disuatu hubungan balok kolom ( HBK ). Kuat lentur kolom dihitung dari beban aksial terfaktor, konsisten dengan arah beban lateral, yang memberikan kuat lentur yang paling rendah. Untuk WG 5 dan 6, ratio tulangan dikurangi dari 8% menjadi 6% untuk menghindari kongesti tulangan, sehingga mengurangi hasil pengecoran yang kurang baik. Ini juga untuk menghindari terjadinya tegangan geser besar dikolom. Biasanya, pemakaian ratio tulangan yang lebih besar dari 4% dianggap tidak praktis dan tidak ekonomis.

Beberapa ketentuan :

Komponen rangka dalam klasifikasi ini harus memenuhi persyaratan menurut **SNI 03-2847-2013** sebagai berikut :

- Beban aksial tekan berfaktor  $> Ag.f_c/10$
  - Dimensi terkecil penampang  $> 300\text{mm}$
  - Rasio dimensi terkecil penampang terhadap dimensi tegak lurus nya  $> 0$ ,
- Tulangan Transversal Untuk Komponen Struktur Lentur  
Menurut **SNI 03-247-2013** tulangan tekan pada balok harus dilingkupi pengikat atau sengkang yang memenuhi batasan ukuran dan spasi berikut :
    - Semua batang tulangan non-prategang harus dilingkupi oleh pengikat transversal, paling sedikit ukuran D-10 untuk batang tulangan longitudinal D-32 atau lebih kecil, dan paling sedikit ukuran D-13 untuk D-36, D-43, D-57, dan tulangan longitudinal yang dibundel. Kawat ulir atau tulangan kawat las dengan luas penampang ekuivalen diizinkan.
    - Spasi vertikal pengikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter batang tulangan longitudinal, 48 kali diameter batang tulangan atau kawat pengikat, atau ukuran terkecil komponen struktur tekan.
    - Pengikat persegi harus disusun sedemikian hingga setiap sudut dan batang tulangan longitudinal yang berselang harus mempunyai tumpuan lateral yang disediakan oleh sudut pengikat dengan sudut dalam tidak lebih dari 135 derajat dan tidak boleh ada batang tulangan lebih jauh dari 150 mm bersih pada setiap sisi sepanjang pengikat dari batang tulangan yang tertumpu secara lateral. Jika tulangan longitudinal terletak di sekeliling perimeter suatu lingkaran, pengikat berbentuk lingkaran penuh diizinkan.
    - Bila batang tulangan longitudinal ditempatkan mengelilingi perimeter suatu lingkaran, pengikat bulat yang lengkap diizinkan. Ujung-ujung pengikat

bulat harus tumpang tindih dengan tidak lebih kurang dari 150 mm dan berhenti dengan kait standar yang memegang batang tulangan kolom longitudinal. Bagian tumpang tindih pada ujung-ujung pengikat bulat yang berdekatan harus diselang-seling mengelilingi perimeter yang melingkupi batang tulangan.

- Pengikat harus diletakkan secara vertikal tidak lebih dari setengah spasi pengikat di atas sisi atas fondasi tapak atau slab pada sebarang tingkat, dan harus dispasikan seperti yang disediakan disini sampai dengan tidak lebih dari setengah spasi pengikat di bawah tulangan horisontal terbawah pada slab, panel turun (drop panel), atau penutup geser (shear cap) di atasnya.
- Bila balok atau brakit (brackets) yang merangka dari empat arah ke dalam suatu kolom, penghentian pengikat tidak lebih dari 75 mm di bawah tulangan terbawah pada balok atau brakit (brackets) yang paling pendek diizinkan.
- Jika baut angkur diletakkan pada bagian atas kolom atau pedestal, baut harus dilindungi oleh tulangan transversal yang juga mengitari paling sedikit empat buah batang tulangan vertikal kolom atau pedestal. Tulangan transversal harus didistribusikan dalam jarak 125 mm dari sisi atas kolom atau pedestal, dan harus terdiri dari paling sedikit dua buah batang tulangan D-13 atau tiga buah D-10.

Tulangan transversal untuk komponen struktur rangka lentur yang dikenai tegangan bolak-balik atau torsi pada tumpuan harus terdiri dari pengikat tertutup, sengkang tertutup, atau spiral yang menerus di sekeliling tulangan lentur.

Pengikat atau sengkang tertutup harus dibentuk dalam satu potongan dengan cara menumpang-tindihkan kait ujung sengkang atau pengikat standar mengelilingi batang tulangan longitudinal, atau dibentuk dalam satu atau dua potongan yang disambung lewatkan dengan sambungan lewatkan Kelas B (lewatan sebesar  $1,3ld$ ) \

### **2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen**

Berdasarkan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, ada beberapa sistem struktur yang dapat diterapkan dalam bangunan untuk menahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem rangka pemikul momen adalah suatu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup. Sedangkan beban angin dan beban gempa termasuk dalam beban lateral. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

SRPM dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu:

- a) Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) yang digunakan untuk Kategori Desain Seismik A dan B.
- b) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang digunakan untuk Kategori Desain Seismik C.
- c) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang digunakan untuk Kategori Desain Seismik D atau E.

### **2.3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa**

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perhitungan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.2.2, balok harus mempunyai paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah. Tulangan ini harus disalurkan pada muka tumpuan.
2. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.2.3, kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan lima kali dimensi  $c_1$  (dimensi kolom persegi atau persegi ekuivalen) harus didesain untuk geser sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.2.3).

### **2.3.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah**

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) merupakan sistem rangka ruang dimana komponen-komponen strukturnya dapat menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Ketentuanketentuan untuk SRPMM mengacu pada SNI 2847:2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, pasal 21.3, yaitu:

- a) Persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.3 berlaku untuk rangka momen menengah yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa.
- b) Detail tulangan pada komponen struktur rangka harus memenuhi ketentuan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4, yaitu bila beban aksial tekan terfaktor ( $P_u$ ) pada komponen struktur tidak melebihi  $A_g f_c'/10$ . Bila  $P_u$  lebih besar dari  $A_g f_c'/10$ , detail tulangan kolom pada rangka tersebut harus memenuhi SNI 2847:2013 pasal 21.3.5. Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok membentuk sebagian dari sistem penahan gaya gempa, maka detail penulangan pada sembarang bentang yang menahan momen akibat pengaruh gempa (E) harus memenuhi SNI 2847:2013 pasal 21.3.6 tentang slab dua arah tanpa balok.

### 2.3.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada dasarnya memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan di zona resiko gempa yang tinggi. Struktur harus direncanakan menggunakan sistem penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing yang khusus dan mempunyai daktilitas penuh.

Komponen struktur rangka ini harus memenuhi kondisi berikut:

1. Gaya tekan aksial pada komponen struktur ( $P_u$ ) tidak boleh melebihi ( $A_g f_c'/10$ ).
2. Bentang bersih untuk komponen struktur ( $l_n$ ) tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Lebar komponen ( $b_w$ ) tidak boleh kurang dari  $0,3 h$  dan 250 mm
4. Lebar komponen struktur ( $b_w$ ) tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu ( $c_2$ ).

### 2.4 Struktur Beton

Tiga jenis bahan yang paling sering digunakan dalam kebanyakan struktur adalah kayu, baja, dan beton dengan tulang penguatan termasuk prategang. Beton sebagai bahan konstruksi sudah dikenal sejak ratusan tahun yang lalu. Berdasarkan SNI 2847:2013, beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (admixture). Macam-macam beton berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 2.2 adalah sebagai berikut:

- a) Beton polos  
Merupakan beton struktur tanpa tulangan atau dengan tulangan kurang dari jumlah minimum yang ditetapkan untuk beton bertulang.
- b) Beton bertulang  
Merupakan beton struktural yang ditulangi dengan tidak kurang dari jumlah baja prategang atau tulangan non prategang minimum
- c) Beton normal  
Merupakan beton yang mengandung hanya agregat yang memenuhi ASTM C33M.
- d) Beton prategang  
Merupakan beton struktural dimana tegangan dalam diberikan untuk mereduksi tegangan tarik potensial dalam beton yang dihasilkan dari beban
- e) Beton pracetak  
Merupakan elemen beton struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur.

- f) **Beton ringan**  
Merupakan beton yang mengandung agregat ringan dan berat volume setimbang (equilibrium density), sebagaimana ditetapkan oleh ASTM C567, antara 1140 kg/m<sup>3</sup> dan 1840 kg/m<sup>3</sup>).
- g) **Beton ringan semuanya**  
Merupakan beton ringan yang mengandung hanya agregat kasar dan halus yang memenuhi ASTM C330M.
- h) **Beton pasir ringan**  
Merupakan beton ringan yang mengandung hanya agregat halus berat normal yang memenuhi ASTM C33M dan hanya agregat ringan yang memenuhi ASTM C330M.

Dari beberapa macam beton di atas, bangunan gedung Hotel direncanakan menggunakan beton bertulang.

#### **2.4.1 Beton Bertulang**

Beton bertulang merupakan gabungan dari dua jenis bahan, yaitu beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah dan batanganbatangan baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. (Disain Beton Bertulang; Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon Jilid 1).

- a) **Kelebihan Beton Bertulang**
  1. Beton termasuk tahan aus dan tahan terhadap kebakaran.
  2. Beton sangat kokoh dan kuat terhadap beban gempa bumi, getaran, maupun angin
  3. Berbagai bentuk konstruksi dapat dibuat dari bahan beton menurut selera perancang atau pemakai.
  4. Biaya pemeliharaan atau perawatan sangat sedikit (tidak ada).

(Balok dan Pelat Beton Bertulang; Ali Asroni)
- b) **Kekurangan Beton Bertulang**
  1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (meshes).
  2. Konstruksi beton itu berat, sehingga jika dipakai pada bangunan harus disediakan fondasi yang cukup besar/kuat.
  3. Untuk memperoleh hasil beton dengan mutu yang baik, perlu biaya pengawasan tersendiri
  4. Konstruksi beton tak dapat dipindah, di samping itu sisa beton tidak ada harganya.

(Balok dan Pelat Beton Bertulang; Ali Asroni)

## 2.5 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 4.2.2 bahwa struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

$$1,4 D + 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

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

$$1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$$

$$1,2 D + 1,0 E + L$$

$$0,9 D + 1,0 W$$

$$0,9 D + 1,0 E$$

Keterangan :

D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.

L = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lainlain.

$L_r$  =beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak

R =beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

W =beban angin

E =beban gempa.

## 2.6 Dinding Geser

Menurut **SNI 2847:2013** dinding geser adalah dinding struktur. Dinding yang diproporsikan untuk menahan kombinasi geser, momen, dan gaya aksial. Dinding struktur yang ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gaya gempa bisa dikategorikan sebagai berikut:

- a) Dinding beton polos struktur biasa (Ordinary structural plain concrete wall)
- b) Dinding structural beton bertulang biasa (Ordinary reinforced concrete structural wall)
- c) Dinding struktural pracetak menengah (Intermediate precast structural wall)
- d) Dinding struktural khusus (Special structural wall)

Langkah langkah perhitungan tulangan pada dinding geser adalah sebagai berikut :

1. Tentukan baja tulangan horizontal dan transversal minimum yang diperlukan. Periksa apakah dibutuhkan dua layer tulangan. Jika gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) melebihi kuat dinding geser beton yang ada ( $V_u$  ada) maka harus digunakan dua layer.

$$V_u > V_u \text{ ada} = \frac{1}{6} A_{cv} \sqrt{f'c} \quad (\text{Rumus 2.41})$$

Rasio distribusi tulangan minimum  $\rho = 0,0025$  dan spasi maksimum 45 cm.

2. Tentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser. Kuat geser dinding geser (shear wall) yang direncanakan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$V_n \leq A_{cv} (\alpha_c \sqrt{f'c} + \rho_n \cdot f_y) \quad (\text{Rumus 2.42})$$

Dimana :

$A_{cv}$  = Luas penampang total dinding geser

$\alpha_c$  = 1/4 untuk  $h_w/l_w \leq 1,5$

= 1/6 untuk  $h_w/l_w \geq 2$

$\rho_n$  = rasio penulangan arah horizontal (transversal)

3. Tentukan tulangan transversal yang diperlukan di special boundary element

- a) Confinement kolom pada Boundary element

Spasi maksimum hoops ditentukan oleh yang terkecil diantara:

- $\frac{1}{4}$  panjang sisi terpendek
- 6 x diameter tulangan longitudinal
- Spasi hoops,  $s_x \leq 100 + \frac{350 - hx}{3}$

- b) Confinement untuk shear wall

Spasi maksimum hoops ditentukan oleh yang terkecil diantara :

- $\frac{1}{4}$  panjang sisi terpendek
- 6 x diameter tulangan longitudinal
- Spasi hoops,  $s_x \leq 100 + \frac{350 - hx}{3}$

## 2.7 Dual System

*Dual System* (Sistem Ganda) adalah salah satu sistem struktur yang beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh *Space Frame* (Rangka), sedangkan beban lateralnya dipikul bersama oleh *Space Frame* dan *Shear Wall* (Dinding Geser). Menurut SNI 03-1726-2013 *Space Frame* sekurang-kurangnya memikul 25% dari beban lateral dan sisanya dipikul oleh *Shear Wall*. Karena *Shear Wall* dan *Space Frame* dalam *Dual System* merupakan satu kesatuan struktur maka diharapkan keduanya dapat mengalami defleksi lateral yang sama atau setidaknya *Space Frame* mampu mengikuti defleksi lateral yang terjadi. *Shear Wall* sendiri artinya adalah Dinding Geser yang terbuat dari beton bertulang dimana tulangan-tulangan tersebut yang akan menerima gaya lateral akibat gempa sebesar beban yang telah direncanakan. Penggunaan sistem struktur *Dual System* sendiri sangat cocok untuk pembangunan struktur gedung di wilayah gempa kuat.

## 2.8 Penelitian terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang mempunyai metode sama dengan metode penelitian ini antara lain :

**Tabel 2.5** Penelitian Terdahulu

Nama	Tahun	Judul	Hasil
Doddy Herman Kurnianto	2014	Evaluasi Retak Struktur Gedung	Metode pemeliharaan gedung dengan teknik restoration, retrofitting dan strengthening menjadi solusi alternatif pemeliharaan gedung.
Anne Zuhd Mahbubah	2013	Studi Perilaku Bangunan Multitower 15 Lantai Menggunakan Metode Nonlinier Time History Analysis Dengan Membandingkan Dua Posisi Shearwall	Dari hasil perhitungan luasan kurva base shear $x$ dan displacement pada studi ini, didapatkan hasil luasan kurva posisi shearwall (2) lebih besar daripada posisi shearwall (1). Hal ini dapat diartikan bahwa bangunan dengan posisi shearwall (2) dengan letak shearwall tersebar di sepanjang bangunan lebih mampu menerima beban gempa dengan baik.
Matahari Tarigan dan Daniel Rumbi Teruna	2003	Perbandingan Respon Struktur Beraturan Dan Ketidakteraturan Horizontal Sudut Dalam Akibat Gempa Dengan Menggunakan Analisis Statik Ekuivalen Dan Time History	Dari hasil respon struktur yang diperoleh, tampak bahwa analisis statik ekuivalen masih akurat digunakan pada struktur beraturan dengan sudut dalam 10%, karena memiliki nilai respon struktur yang lebih besar dibandingkan dengan analisis time history, sedangkan untuk struktur tidak beraturan dengan sudut dalam 40%, analisis statik ekuivalen sudah tidak akurat digunakan, karena memiliki sebagian nilai respon struktur yang lebih kecil dibandingkan dengan analisis time history.