

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Pembebanan**

Dalam pembebanan yang akan ditinjau dalam tugas akhir ini meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa serta koefisien pembebanan. Untuk lebih jelasnya adalah sebagai berikut:

##### **3.1.1 Beban mati**

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini terdiri dari beban mati sendiri elemen struktur yang terdiri dari pelat lantai, balok, kolom, tangga dan shear wall serta untuk beban mati tambahan meliputi dinding, keramik, MEP, pasir, dll. Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3.1.2 dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya. Pada beban mati sendiri elemen struktur sudah dihitung secara otomatis dengan program bantu ETABS dengan memberikan faktor pengali berat sendiri sama dengan 1. Sedangkan pada beban mati elemen tambahan diberikan faktor pengali sama dengan 0 dikarenakan beban tersebut diinput secara manual pada program bantu ETABS.

##### **3.1.2 Beban Hidup**

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan. Beban hidup yang direncanakan dengan mengikuti peraturan Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain (SNI 1727:2013). Untuk

bangunan hotel berdasarkan SNI 1727:2013 tabel 4-1 di lihat untuk kegunaan rumah tinggal. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Beban hidup

Hunian Atau Penggunaan	Beban merata (kN/m <sup>2</sup> )
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	0,48
Hunian rumah tinggal lainnya	1,92
Jalur untuk akses pemeliharaan	1,92
Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	4,79
Ruang pertemuan	4,79
Tangga dan jalan keluar	4,79
Atap yang digunakan untuk taman atap	4,79
Ruang makan dan restoran	4,79
Ruang F & B	6
Chiller area	10

(Sumber : SNI 1727:2013, tabel 4-1)

### 3.1.3 Beban Gempa

Dalam perhitungan beban gempa mengikuti aturan yang diterapkan berdasarkan SNI 1726:2012. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

#### 3.1.3.1 Klasifikasi Situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Berdasarkan SNI 1726 : 2012 pasal 5.3.3 mengatakan jika dalam penetapan kelas situs SC, SD, dan SE harus

dilakukan dengan menggunakan sedikitnya hasil pengukuran dua dari tiga parameter  $v_s$ ,  $N$ , dan  $S_u$ . Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3.2

Tabel 3.2 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$ 3. Kuat geser niralir $u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai (Sumber SNI 1726:2012, tabel 3)

Untuk nilai  $\bar{v}_s$ ,  $\bar{N}$  dan  $\bar{S}_u$  harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\bar{v}_s = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{v_{si}}} \quad (3-1)$$

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^k di}{\sum_{i=1}^k \frac{di}{N_i}} \quad (3-2)$$

$$\bar{S}_u = \frac{dc}{\sum_{i=1}^k \frac{di}{S_{ui}}} \quad (3-3)$$

Keterangan :

$$\sum_{i=1}^n di = 30 \text{ meter}$$

$\bar{v}_s$  = kecepatan gelombang geser lapisan  $i$  dinyatakan dalam m/detik

$v_{si}$  = kecepatan gelombang geser lapisan  $i$  dinyatakan dalam m/detik

$\bar{N}$  = tahanan penetrasi standar rata-rata dalam lapisan 30 m paling atas

$N_i$  = tahanan penetrasi standar

$\bar{S}_u$  = kuat geser niralir lapisan tanah kohesif  $i$  di dalam lapisan 30 m paling atas

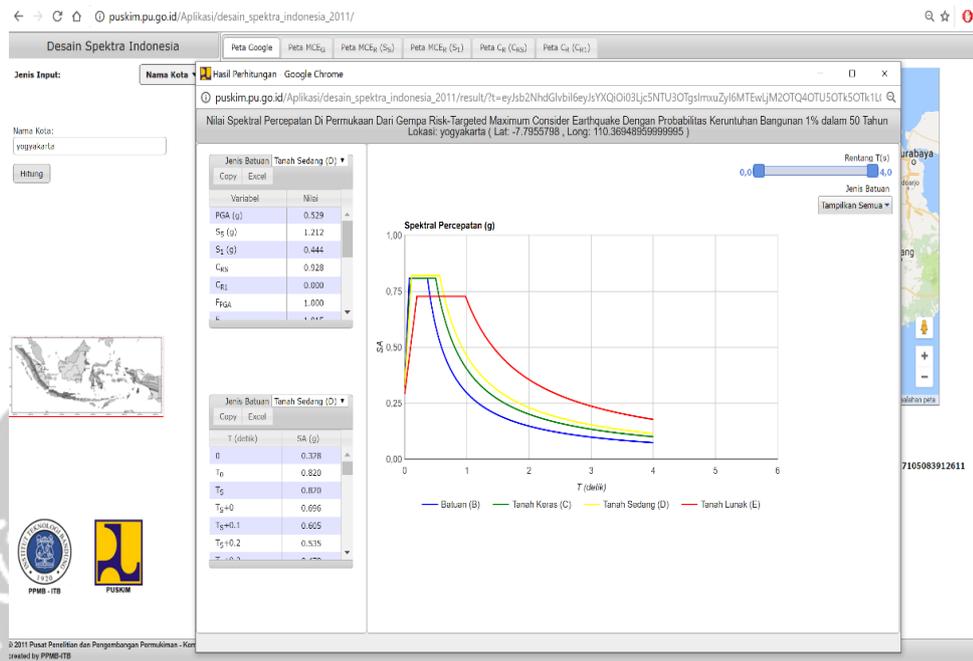
$s_{ui}$  = kuat geser niralir (kPa)

$d_i$  = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter

$d_c$  = ketebalan total dari lapisan-lapisan tanah kohesif di dalam lapisan 30 m paling atas.

### 3.1.3.2 $S_{DS}$ dan $S_{D1}$

Untuk nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  dapat ditentukan berdasarkan web desain spektra Indonesia. Namun terlebih dahulu mengetahui lokasi serta kelas situs pada gedung yang akan ditinjau. Berikut adalah alamat web dan tampilan desain spektra.



Gambar 3.1 Halaman tampilan web desain spektra  
(Sumber : [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain spektra indonesia 2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011/))

### 3.1.3.3 Kategori Resiko

Setiap jenis pemanfaatan bangunan gedung dan non gedung memiliki kategori resiko tertentu. Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 3.3 terhadap beban pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 3.6.

Tabel 3.3 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko 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, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I

Tabel 3.3 (Lanjutan) Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko 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 industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko 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 resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal 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> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV</p>	III

Tabel 3.3 (Lanjutan) Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi	III
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: <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>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> </ul>	IV

(Sumber : SNI 1726:2012, tabel 1)

### 3.1.3.4 Kategori Desain Seismik (KDS)

Struktur perlu memiliki suatu kategori desain seismik berdasarkan kategori resikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, baik pada periodapendek ( $S_{Ds}$ ) maupun pada perioda 1 detik ( $S_{D1}$ ). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.4 serta tabel 3.5.

Tabel 3.4 Kategori desain seismik (KDS) berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek ( $S_{Ds}$ )

Nilai $S_{Ds}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{Ds} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{Ds} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{Ds} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{Ds}$	D	D

(Sumber : SNI 1726:2012, tabel 6)

Tabel 3.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik ( $S_{D1}$ ).

Nilai $S_{D1}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber : SNI 1726:2012, tabel 7)

### 3.1.3.5 Kombinasi Sistem Perangkai

Menentukan sistem struktur dan parameter struktur berdasarkan Kategori Desain Seismic (KDS). Nilai faktor  $C_d$ ,  $R$  dan  $\Omega_o$  untuk sistem penahan gaya gempa dapat ditentukan berdasarkan SNI 1726:2012, tabel 9 halaman 34-37.

### 3.1.3.6 Faktor Keutamaan Ie

Dalam perencanaan gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor pengali berdasarkan kategori resiko gedung untuk menyesuaikan periode ulang gempa. Berikut ini merupakan faktor keutamaan gempa pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Faktor keutamaan gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726:2012, tabel 2)

### 3.1.3.7 Periode Fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_{a \min} = C_t h_n^x \quad (3-4)$$

$$\text{Syarat : } T_a < T_c < C_u T_a \quad (3-5)$$

Keterangan :

$T_a$  = periode fundamental struktur (detik)

$h_n$  = ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

$T_c$  = periode fundamental struktur dari program bantu ETABS

$C_t$  dan  $x$  merupakan nilai koefisien ditentukan dari Table 3.7

$C_u$  merupakan nilai koefisien ditentukan dari tabel 3.8 dan berdasarkan nilai  $S_D$

Tabel 3.7 Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe struktur	$C_t$	$X$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber : SNI 1726:2012, tabel 15)

Tabel 3.8 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{d1}$	$C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber : SNI 1726:2012, tabel 14)

### 3.1.3.8 Koefisien Respons Gempa

Koefisien respons seismik ( $C_s$ ) ditentukan melalui persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-6)$$

Keterangan:

$S_{Ds}$  = parameter percepatan spektrum respons pada perioda 1,0 detik

$R$  = faktor modifikasi respons

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

Selanjutnya, nilai  $C_s$  pada persamaan 3-6 tidak perlu melebihi persamaan berikut.

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-7)$$

Dengan syarat nilai  $C_s$  pada persamaan (3-6) dan (3-7) harus kurang dari persamaan berikut:

$$C_s \text{ min} = 0,044 S_{Ds} I_e \geq 0,01 \quad (3-8)$$

$$C_s \text{ min} = \frac{0,5 S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (\text{hanya untuk } S_1 \geq 0,6 \text{ g}) \quad (3-9)$$

Dari persamaan (3-6) dan (3-7), diambil nilai  $C_s$  yang terkecil.

### 3.1.3.9 Gaya Geser Gempa

Untuk gaya geser gempa dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$V = C_s \times W \quad (3-10)$$

Keterangan :

$V$  = gaya geser gempa

$C_s$  = koefisien respons seismic

$W$  = berat efektif bangunan

### 3.1.3.10 Desain Respons Spektrum

Desain respons spektra dapat ditunjukkan dalam gambar 3.2 dengan mengikuti ketentuan di bawah ini:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , Spectrum respons percepatan desain  $S_a$  harus diambil dari persamaan berikut:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3-11)$$

2. Untuk perioda yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , maka spectrum respons percepatan desain  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ .
3. Untuk Perioda lebih besar dari  $T_s$ , spectrum respons percepatan desain,  $S_a$  diambil berdasarkan persamaan berikut:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3-12)$$

Keterangan :

$S_a$  = percepatan respons spektra

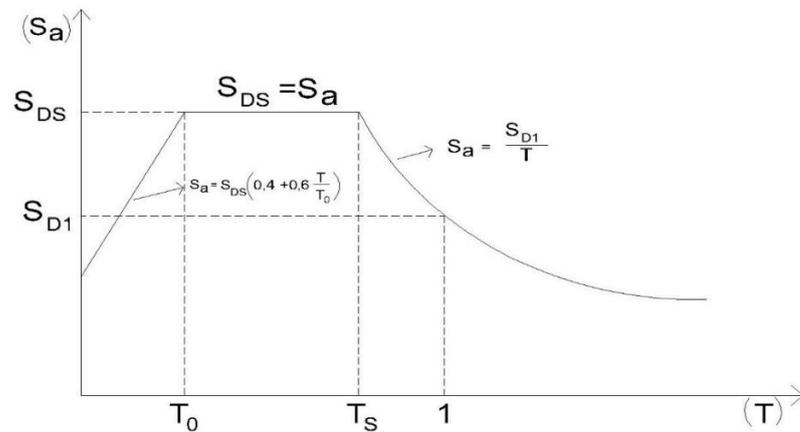
$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

$T$  = perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



Gambar 3.2 Desain respons spektra

### 3.1.4 Kombinasi Pembebanan

Menurut Arfiadi (2014) Berikut merupakan kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 4.2.2 dan 7.4.2.

$$1. U = 1,4 D \quad (3-13)$$

$$2. U = 1,2 D + 1,6 L \quad (3-14)$$

$$3. U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D \pm p Ex \pm 0,3 p Ey \quad (3-15)$$

$$4. U = (0,9 - 0,2 S_{DS}) D \pm 0,3 p Ex \pm p Ey \quad (3-16)$$

$$5. U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L \pm p Ex \pm 0,3 p Ey \quad (3-17)$$

$$6. U = (1,2 + 0,2 S_{DS}) D + 1,0 L \pm 0,3 p Ex \pm p Ey \quad (3-18)$$

Keterangan :

D = beban mati

L = beban hidup

Ex = beban gempa arah x

Ey = beban gempa arah y

p = faktor redundansi, (ketentuan berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.3.4

dengan menggunakan parameter kategori desain seismik untuk menentukan nilai p)

## 3.2 Perencanaan Elemen Struktur Berdasarkan SNI 2847:2013

### 3.2.1 Kuat Desain

Kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan  $\phi$ . Faktor reduksi kekuatan  $\phi$  menurut SNI 2847-2013 pasal 9.3 dapat dilihat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Faktor reduksi kuat desain

No	Keterangan	Faktor Reduksi ( $\phi$ )
1	Penampang terkendali tarik	0.9
2	Penampang terkendali tekan a. Komponen struktur dengan tulangan spiral b. Komponen struktur bertulang lainnya	0.75 0.65
3	Geser dan torsi	0.75
4	Tumpuan pada beton	0.65
5	Daerah angkur pasca tarik	0.85
6	Model strat pengikat, strat, pengikat, daerah pertemuan( <i>nodal</i> ), dan daerah tumpuan dalam model tersebut	0.75
7	Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman strand kurang dari panjang penyaluran a. Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer b. Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran $\phi$ boleh ditingkatkan secara linier dari	0.75 0.75 - 0,9

(Sumber: SNI 2847:2013 pasal 9.3)

### 3.2.2 Perencanaan Balok

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5 menjelaskan mengenai perencanaan elemen struktur balok adalah sebagai berikut:

1. Gaya aksial terfaktor pada komponen struktur dengan persamaan (3-19)

$$P_u \leq \frac{A_g f'_c}{10} \quad (3-19)$$

2. Bentang bersih untuk komponen struktur,  $l_n$  tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Lebar komponen pada  $b_w$  tidak boleh kurang dari yang lebih kecil 0,3h dan 250 mm.

#### 3.2.2.1 Tulangan Longitudinal

1. Untuk tulangan atas maupun bawah, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari persamaan (3-20)

$$A_{S_{\min}} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (3-20)$$

tetapi tidak kurang dari  $1,4 b_w d / f_y$ , dan rasio tulangan,  $\rho$ , tidak boleh melebihi 0,025. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

2. Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung

lewatkan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari  $d/4$  dan 100 mm.

Sambungan lewatan tidak boleh digunakan jika:

- a. Dalam joint;
- b. Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka joint;
- c. Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka.

### 3.2.2.2 Persyaratan Kekuatan Geser

Pada peraturan beton SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.4 membahas tentang kekuatan geser, sebagai berikut:

#### a. Gaya Desain

Gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin,  $M_{pr}$ , bekerja pada muka-muka joint dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya.

Keterangan:

$M_{pr}$  = Kekuatan lentur yang mungkin terjadi pada komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada muka joint yang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit  $1,25 f_y$  dan faktor reduksi kekuatan, ( $\phi$ ) sebesar 1.0, N.mm.

## b. Tulangan Transversal

Untuk menentukan tulangan transversal pada balok baik pada daerah tumpuan maupun lapangan, perlu ditinjau terlebih dahulu kekuatan beton dan tulangan untuk menahan gaya geser yang terjadi dengan menggunakan beberapa persamaan sebagai berikut.

1. Sesuai ketentuan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 pada daerah tumpuan kemampuan beton untuk menahan geser diasumsikan 0, maka  $V_c = 0$ , sedangkan pada daerah lapangan nilai  $V_c$  dan  $V_s$  maksimum dapat diperhitungkan sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 yaitu :

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} b_w.d \quad (3-21)$$

$$V_{s_{maks}} = 0,66 \sqrt{f'_c} b_w.d \quad (3-22)$$

2. Sesuai dengan ketentuan bahwa nilai  $V_s < V_s$  maksimum, dimana nilai  $V_s$  didapatkan dari rumus :

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c \quad (3-23)$$

3. Spasi tulangan geser sesuai dengan ketentuan SNI 2847;2013 pasal 11.4.7.2 dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$S = \frac{A_v.f_y.d}{V_s} \quad (3-24)$$

Menurut pasal yang sama yaitu SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2, spasi sengkang tidak boleh melebihi :

- a)  $d/4$
- b) 6 kali diameter tulangan lentur terkecil
- c) 150 mm

### 3.2.2.3 Persyaratan Kekuatan Lentur

Untuk daerah tarik tumpuan diambil nilai  $M_u = M_n$ . Sesuai SNI pasal 21.5.2.2 SNI 2847 2013, kekuatan momen positif pada muka join harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif (pada daerah desak tumpuan  $M_u = 0,5 M_u$  baru). Baik kekuatan momen negatif atau positif pada setiap penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak bolehkurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan (pada daerah tarik maupun desak lapangan  $M_u = 0,25 M_u$  baru).

$$R_{n \text{ perlu}} = \frac{M_{u \text{ baru}}}{0,9 b_w d^2} \quad (3-25)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'_c}} \right) \quad (3-26)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \text{atau} \quad \rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \quad (3-27)$$

### 3.2.3 Perencanaan Kolom

Dalam menentukan estimasi dimensi kolom ditentukan berdasarkan beban aksial yang bekerja diatas kolom tersebut. Beban yang bekerja pada kolom meliputi beban mati dan juga hidup pelat, balok , serta berat dari kolom sebelumnya yang juga menumpu lantai diatasnya (jika ada). Untuk komponen struktur nonprategang dengan tulangan sengkang berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 10.3.6.2 dengan persamaan :

$$\phi P_n \text{ maks} = 0,8 \phi [0,85 f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (3-28)$$

Catatan :

Nilai  $\phi$  (faktor reduksi) dapat ditentukan berdasarkan tabel 3.11

#### 3.2.3.1 Kelangsingan kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.10.1 untuk komponen struktur tekan yang tidak bergoyang, pengaruh kelangsingan boleh diabaikan dengan persamaan :

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 34 - 12 \frac{M_1}{M_2} \leq 40 \quad (3-29)$$

Keterangan :

$k$  = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

$r$  = radius girasi suatu penampang komponen struktur tekan

$l_u$  = panjang bersih komponen struktur tekan

$M_1$  = momen lentur terkecil

$M_2$  = momen lentur terbesar

#### 3.2.3.2 Kuat Lentur

Kuat lentur yang dirancang pada kolom harus memiliki kekuatan untuk menahan momen balok yang bekerja pada kedua arah. Momen minimal dirancang minimum 20% lebih besar dibanding momen balok disuatu

hubungan balok kolom untuk mencegah terjadinya leleh pada kolom yang pada dasarnya didesain sebagai komponen pemikul beban lateral. Berdasarkan SNI 2847 2013 Pasal 21.6.2.2, terdapat persamaan :

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb} \quad (3-30)$$

Keterangan:

$\sum M_{nc}$  = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka pada hubungan balok kolom.

$\sum M_{nb}$  = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka pada hubungan balok kolom.

### 3.2.3.3 Tulangan Memanjang

Luas tulangan memanjang,  $A_{st}$  tidak boleh kurang dari  $0,01 A_g$  atau lebih dari  $0,06 A_g$ .

### 3.2.3.4 Tulangan Transversal

Tulangan transversal dipasang sepanjang  $l_o$  dari setiap muka joint pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis rangka. Panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

1. Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi
2. Seperenam bentang bersih komponen struktur
3. 450 mm.

Spasi tulangan transversal sepanjang  $l_0$  tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

1. Seperempat dimensi komponen struktur minimum
2. 6 kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil

$$3. s_o = 100 + \left(1 - \frac{350 - h_s}{3}\right) \quad (3-31)$$

Nilai  $s_o$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

Jumlah tulangan transversal ditentukan sebagai berikut :

1. Rasio volume tulangan spiral atau sengkang bulat,  $\rho_s$  tidak boleh kurang dari :

$$\rho_s = 0,12 \left(\frac{f'_c}{f_{yt}}\right) \quad (3-32)$$

dan juga tidak boleh kurang dari :

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (3-33)$$

2. Luas penampang tulangan sengkang persegi,  $A_{sh}$  tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left\{ \left(\frac{A_g}{A_{ch}}\right) - 1 \right\} \quad (3-34)$$

$$A_{sh} = 0,09 \left(\frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}\right) \quad (3-35)$$

### 3.2.3.5 Persyaratan Kekuatan Geser

Gaya geser desain,  $V_e$  harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dihasilkan di muka-muka pertemuan-pertemuan (joints) di setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum yang mungkin,  $M_{pr}$  di setiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor,  $P_u$  yang bekerja pada komponen struktur. Dalam semua kasus  $V_e$  tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.

Tulangan transversal sepanjang panjang  $l_o$  diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan  $V_c = 0$ , bilamana :

1. Gaya geser yang ditimbulkan gempa mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam  $l_o$
2. Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u$  termasuk pengaruh gempa kurang dari  $A_g f'_c / 10 \lambda$

Jika harus dihitung, maka :

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3-36)$$

Keterangan :

$A_{st}$  = Luas total tulangan longitudinal non-prategang

$A_{sh}$  = Luas penampang total tulangan transversal

$H_s$  = Spasi horizontal kait silang atau kaki sengkang tertutup (hoop) pusat ke

pusat maksimum pada semua muka kolom

$N_u$  = Gaya aksial terfaktor tegak lurus penampang yang terjadi serentak dengan  $V_u$  atau  $T_u$ , diambil sebagai positif untuk tekan dan negative untuk tarik .

### 3.2.4 Joint Balok-Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, dijelaskan jika  $V_n$  joint tidak boleh diambil sebagai yang lebih besar dari persamaan dibawah ini :

1. Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka,

$$V_n = 1,7 \sqrt{f'c} A_j \quad (3-37)$$

2. Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan,

$$V_n = 1,2 \sqrt{f'c} A_j \quad (3-38)$$

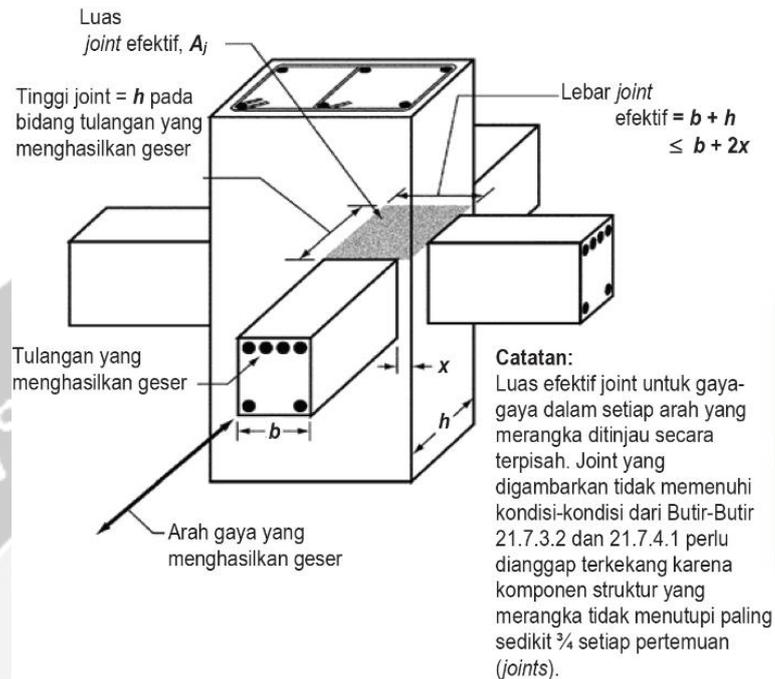
3. Untuk kasus-kasus lainnya,

$$V_n = 1,0 \sqrt{f'c} A_j \quad (3-39)$$

Keterangan :

$V_{nt}$  = Kekuatan geser nominal

$A_j$  = Luas penampang efektif pada joint



(Sumber : SNI 2847:2013 Gambar S21.7.4 – Luas joint efektif)

### 3.2.5 Perencanaan plat lantai, plat atap dan tangga

Perencanaan pembebanan pada pelat dan tangga meliputi beban hidup dan beban mati yang dikombinasikan dan kemudian dipilih kombinasi yang memiliki nilai yang terbesar dari  $1,4 DL$  dan  $1,2 DL + 1,6 LL$ . Tebat pelat minimum untuk pelat satu arah diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5(a), dan untuk pelat dua arah diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.