

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Penelitian yang pernah dilakukan berhubungan dengan sistem pelat konvensional dan sistem *flat slab with drop panel* antara lain adalah :

1. Dalam penelitiannya Bilher (2014), melakukan analisa perbandingan desain tahan gempa bangunan gedung beton bertulang menggunakan pelat konvensional dan *flat slab with drop panel* hasilnya menunjukkan bahwa bangunan gedung SRPMM dengan pelat konvensional memiliki kemampuan lebih besar dalam mengadopsi beban lateral akibat gaya gempa dibandingkan *flat slab with drop panel*. Dengan melihat gaya geser dasar seismik secara dinamik yang dapat dipikul bangunan dengan pelat konvensional sebesar 2.321,16 kN lebih besar 2,36% dari *flat slab with drop panel* yaitu 982,34 kN.
2. Dalam penelitiannya Ade (2015), melakukan analisa perbandingan desain pelat lantai *drop panel* dengan pelat lantai menggunakan balok. Setelah menganalisa hasilnya menunjukkan pelat dengan balok memiliki kelebihan meningkatkan kekakuan dari pelat sehingga menghasilkan kekakuan lendutan yang relatif kecil dan kuat lentur yang lebih besar sehingga keretakan pada pelat relatif kecil sedangkan *drop panel* memiliki konstruksi yang lemah terhadap gaya lateral. Kekurangan dari pelat dengan balok memiliki tinggi ruang bebas antara ruang lebih pendek dibandingkan dengan menggunakan *drop panel*.

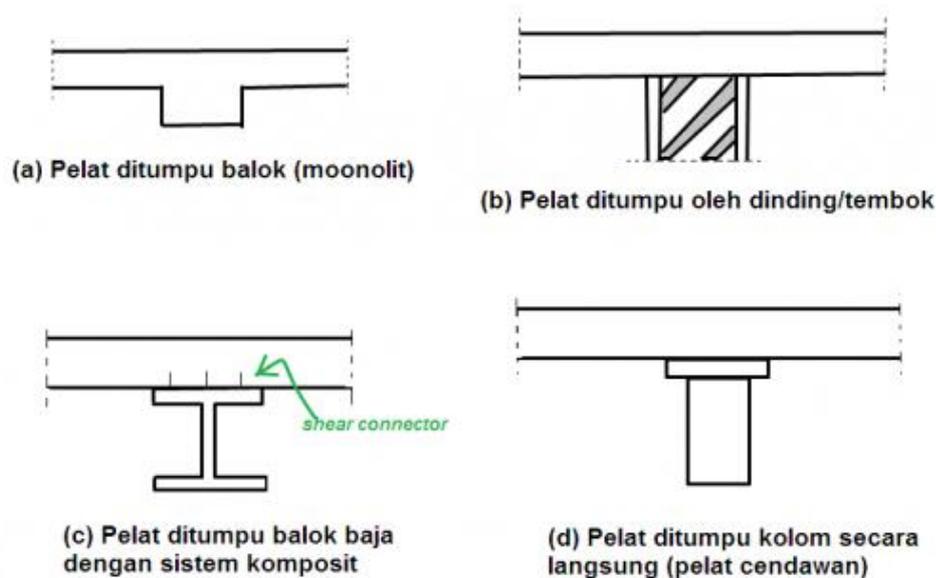
#### **2.2 Pelat**

Pelat atau *slab* merupakan elemen horizontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke rangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur.

Untuk merencanakan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan saja, tetapi juga jenis perletakan dan jenis penghubung

di tempat tumpuan. Kekakuan hubungan antar pelat dan tumpuan akan menentukan besar momen lentur yang terjadi pada pelat.

Untuk bangunan gedung, umumnya pelat ditumpu oleh balok-balok secara monolit, yaitu pelat dan balok dicor bersama-sama sehingga menjadi satu-kesatuan (a) atau ditumpu oleh dinding-dinding bangunan seperti pada gambar (b). Kemungkinan lainnya, yaitu pelat didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit (c) atau didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, yang dikenal dengan pelat cendawan, seperti pada gambar (d).



Gambar 2.1 Tumpuan Pelat

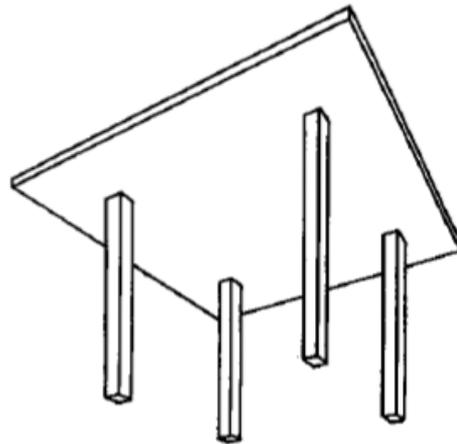
### 2.2.1 Tipe Pelat

Berdasarkan sistem pendistribusian beban ke kolom pelat dibagi menjadi dua, yaitu :

#### 1. Pelat tanpa balok

##### a. Sistem *Flat Plate Slab*

*Flat plate slab* dicirikan dengan tidak adanya balok-balok sepanjang garis kolom dalam, namun balok-balok tepi pada tepi-tepi luar lantai boleh jadi ada atau tidak ada. *Flat plate* umumnya dipakai apabila panjang bentang tidak terlalu besar dan beban yang bekerja bukan merupakan beban yang berat.



Gambar 2.2 *Flat Plate Slab*

#### b. Sistem *Flat Slab*

*Flat slab* adalah sebuah pelat yang ditumpu oleh kolom dan umumnya tanpa menggunakan balok. *Flat slab* juga merupakan sistem dua arah yang memiliki penebalan pelat di daerah kolom yang disebut dengan *drop panel*, sedangkan untuk pembesaran kolom biasa disebut *column capital*.

- *Flat slab* dengan pelat tiang (*drop panel*)

*Drop panel* adalah daerah di sekitar kolom yang dipertebal dengan pelat tiang. *Flat slab* dengan *drop panel* merupakan *flat slab* ditambah dengan penebalan pelat pada daerah kolom dengan jarak  $\frac{1}{6}$  sampai  $\frac{1}{4}$  dari panjang bentang untuk setiap arahnya. Ini berfungsi untuk mengurangi tegangan geser di sekitar kolom (*punching shear*).

- *Flat slab* dengan kepala tiang (*capital column*)

*Capital column* adalah ujung kolom beton yang diperbesar, sehingga membentuk satu kesatuan dengan kolom dan pelat lantai. *Column capital* ini berfungsi mengurangi tegangan-tegangan lentur dan geser di dalam pelat.

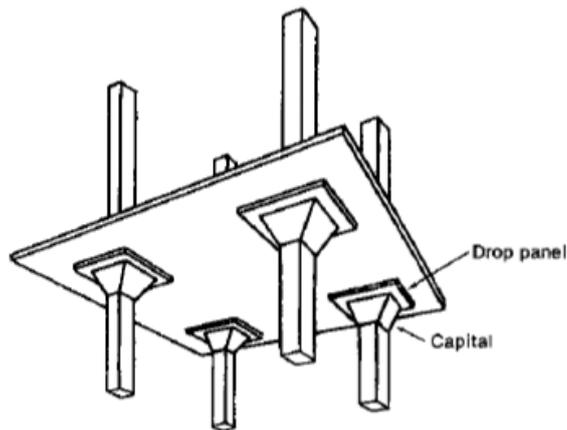
Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan *flat slab* :

Kelebihan :

- Bentuk struktur yang sederhana dan fungsional.
- Waktu pengerjaan yang relatif singkat.
- Kemudahan dalam pemasangan instalasi mekanikal dan elektrik
- Tinggi ruang bebas lebih besar dikarenakan tidak adanya pengurangan akibat balok dan komponen pendukung struktur lainnya.
- Sistem struktur yang ekonomis.

Kekurangan :

- Kemungkinan terjadinya keruntuhan geser pons.
- Lendutan relatif besar pada pusat area pembebanan.

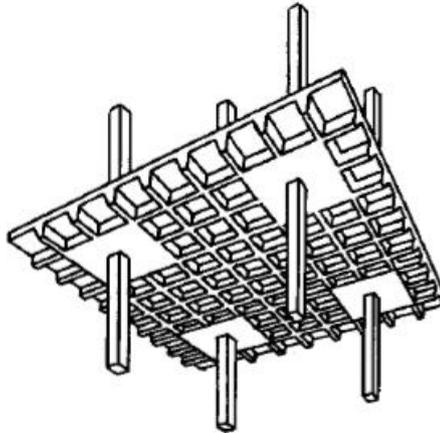


Gambar 2.3 Flat Slab

c. Sistem Lantai Grid (*Waffle Slab*)

Sistem *waffle slab* mempunyai balok-balok yang saling bersilangan dengan jarak yang relatif rapat, dengan pelat atas yang tipis. Untuk mengurangi beban mati dari konstruksi pelat, maka digunakan kubah. Kubah tidak digunakan di daerah kolom untuk menahan momen lentur

dan gaya geser pada daerah kolom. *Waffle slab* efisien digunakan untuk pelat dengan panjang 9,1 m sampai 12,2 m.



Gambar 2.4 Waffle Slab

## 2. Sistem Pelat dan Balok

Sistem pelat lantai ini terdiri dari lantai (*slab*) menerus yang ditumpu oleh balok-balok monolit. Sistem ini banyak dipakai, kokoh dan sering dipakai untuk menunjang sistem pelat lantai yang tidak beraturan.

### a. Sistem pelat satu arah (*one way slab*)

Pelat satu arah adalah pelat yang memiliki panjang jauh lebih besar dibandingkan lebarnya (perbandingan  $L_y$  dan  $L_x$  lebih dari 2). Pada pelat satu arah, biasanya pelat hanya ditumpu pada kedua sisinya yang saling berhadapan.

### b. Sistem pelat dua arah (*two way slab*)

Pelat dua arah pelat yang memiliki panjang tidak berbeda jauh dengan lebarnya. Pada umumnya yang termasuk dalam sistem pelat dua arah ini adalah pelat yang rasio panjang dengan lebarnya lebih kecil dari 2. Beban pelat lantai dipikul ke dalam dua arah oleh empat pendukung di sekeliling pelat. Apabila panjang dan lebar pelat sama maka beban pelat dipikul sama ke semua balok disekeliling pelat. Untuk keadaan lainnya, balok yang panjang akan memikul beban yang lebih kecil dibanding balok yang pendek.

## 2.2.2 Perbedaan Pelat Konvensional dan *Flat Slab*

Tabel 2.1 Perbedaan Pelat Konvensional dan *Flat Slab*

Kriteria	Pelat Konvensional	<i>Flat Slab</i>
Komponen bangunan	Pelat datar, balok dan kolom	Pelat datar, <i>drop panel</i> dan atau <i>capital column</i> dan kolom
Transfer Beban Vertikal	Di- <i>support</i> oleh balok dan kolom sebelum beban diteruskan ke pondasi	Di- <i>support</i> oleh <i>drop panel</i> dan kolom sebelum beban diteruskan ke pondasi
Gaya Lateral	Lebih efisien untuk menahan gaya lateral	Tidak efisien dalam menahan gaya lateral
Sistem Struktur Penahan Gaya Lateral	<i>Single System</i> (SRPMB/M/K)	Single System (SRPMB/M)
Fungsi terhadap Lokasi Bangunan	Kurang cocok untuk bangunan yang memiliki persyaratan tinggi lantai	Cocok untuk bangunan dengan persyaratan tinggi lantai
Ruang Bebas	Sulit menempatkan mekanikal/elektrikal	Mudah dalam pemasangan mekanikal/elektrikal karena tidak ada balok
Bentuk Langit-Langit	Adanya pengaruh dari balok, tidak terlalu disukai secara arsitektural	Langit-langit lebih rata, disukai secara arsitektural

## 2.3 Analisis Struktur *Flat Slab*

Analisis suatu struktur *flat slab* dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu dengan metode desain langsung (*direct design*), metode portal ekuivalen (*equivalent frame method*), dan metode balok lebar efektif (*effective beam width*).

### **2.3.1 Metode Desain Langsung (*Direct Design Method*)**

Metode ini berdasarkan persamaan statistik yang diturunkan pertama kali oleh J.R Nichols tahun 1914 dan menggunakan koefisien untuk menghitung momen-momen pada pelat baik momen positif maupun momen negatif.

### **2.3.2 Metode Portal Ekuivalen (*Equivalent Frame Method*)**

Pada metode portal ekuivalen, menganggap portal idealisasi ini serupa dengan portal aktual sehingga hasilnya akan lebih eksak dan mempunyai batasan penggunaan yang lebih sedikit dibandingkan dengan metode desain langsung. Pada dasarnya metode portal ekuivalen memerlukan distribusi momen beberapa kali, sedangkan metode desain langsung hanya beberapa pendekatan dengan satu kali distribusi momen.

Di dalam analisis dengan metode portal ekuivalen, struktur dibagi menjadi rangka-rangka menerus yang berpusat pada garis kolom dan melebar baik dalam arah longitudinal maupun dalam arah transversal. Untuk beban vertikal, setiap lantai dan kolom-kolom yang terletak di atas dan di bawahnya dianalisis secara terpisah. Untuk analisis seperti ini, ujung jauh kolom dianggap jepit.

### **2.3.3 Metode Balok Lebar Efektif (*Effective Beam Width Method*)**

Metode ini berkembang setelah metode portal ekuivalen dengan modifikasi tertentu digunakan dalam analisa struktur *flat slab* akibat beban lateral dalam rekayasa praktis. *Flat slab* yang dimodelkan menggunakan portal ekuivalen tersebut mempunyai lebar efektif dengan asumsi bahwa balok ekuivalen memiliki kekakuan yang sama dengan *slab*.

Metode balok lebar efektif telah digunakan secara luas untuk memprediksi *drifts* lateral dan besarnya momen pada *slab* pada struktur *flat slab* akibat beban lateral. Tingkat keakuratan metode balok lebar efektif tersebut sangat tergantung bagaimana cara untuk mereduksi kekakuan *slab* yang diperhitungkan.

## 2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen

Menurut SNI 1726:2012 pasal 3.53, sistem rangka pemikul momen merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi tiga, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)

## 2.5 Pembebanan

Pembebanan dalam mendesain suatu konstruksi bangunan pada umumnya dibagi dalam dua tipe, yaitu beban gravitasi dan beban lateral.

### 2.5.1 Beban Gravitasi

Beban gravitasi dibagi menjadi dua yaitu beban hidup dan beban mati. Beban hidup adalah beban yang tidak kekal dan berubah-ubah besarnya. Beban mati adalah beban-beban yang secara umum permanen dan konstan selama masa pakai konstruksi. Beban mati terbagi dua, yaitu beban mati struktur dan beban mati tambahan :

a. Beban mati struktur

Beban mati struktur adalah beban mati yang merupakan bagian dari struktur.

Contoh : ubin, dinding, berat sendiri struktur, dll.

b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan adalah beban mati yang bukan merupakan bagian dari struktur.

Contoh : *plumbing, ducting AC, plafond, Mechanical and Electrical*, dll.

Menurut SNI 1727:2013 tentang “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”, definisi dari beban mati dan beban hidup adalah :

- a. Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.
- b. Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum,  $L_0$  dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses Ruang kantor Ruang komputer	50 (2,4) 100 (4,79)	2 000 (8,9) 2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) <sup>a</sup>	
Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi Kursi dapat dipindahkan Panggung pertemuan Lantai podium	100 (4,79) <sup>a</sup> 100 (4,79) <sup>a</sup> 100 (4,79) <sup>a</sup> 100 (4,79) <sup>a</sup> 150 (7,18) <sup>a</sup>	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan ( pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) <sup>a,b,c</sup> c	

Tabel 2.2 (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) <sup>de</sup> tidak boleh direduksi	<sup>e,f,g</sup>
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) <sup>a, h</sup>	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) <sup>a</sup>	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97) <sup>a</sup>	3 000 (13,40)
Gedung perkantoran :		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) <sup>a</sup>	
Bangsal dansa dan Ruang dansa	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Gimnasium	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) <sup>a,k</sup>	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) <sup>a,k</sup>	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) <sup>l</sup>	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) <sup>m</sup>	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik <sup>a</sup> dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	

Tabel 2.2 (Lanjutan)

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat lb (kN)
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai di atasnya	75 (3,59)	1 000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) <sup>a</sup>	1 000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) <sup>a</sup>	

Sumber : SNI 1727-2013

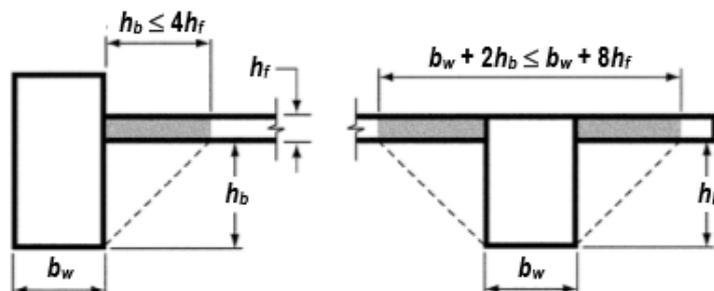
### 2.5.2 Beban Lateral

Pembebanan untuk bangunan gedung pada umumnya diasumsikan mengalami pembebanan dominan terhadap gaya lateral oleh beban angin dan beban gempa. Definisi beban angin dan beban gempa adalah :

- Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
- Beban gempa adalah beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut.

### 2.6 Perencanaan Pelat

Pelat dua arah (*two way slab*) dapat dianalisis dengan Metode Perencanaan Langsung (*Direct Design Method*) yang diberikan SNI 2847:2013 pada pasal 13.6.1



Gambar 2.5 Bagian Pelat yang Diperhitungkan

Sistem pelat menggunakan metode perencanaan langsung harus memenuhi batasan sebagai berikut :

1. Harus terdapat minimum tiga bentang menerus masing-masing arah
2. Panel harus berbentuk persegi, dengan rasio antara bentang yang lebih panjang terhadap yang lebih pendek pusat ke pusat tumpuan dalam panel tidak lebih besar dari 2.
3. Panjang bentang yang berturutan pusat ke pusat tumpuan dalam masing-masing arah tidak boleh berbeda dengan lebih dari sepertiga bentang yang lebih panjang
4. Pergeseran (*offset*) kolom dengan maksimum sebesar 10 persen dari bentangnya (dalam arah pergeseran) dari baik sumbu antara garis-garis pusat kolom yang berturutan diizinkan.
5. Semua beban harus akibat gravitasi saja dan didistribusikan merata pada panel keseluruhan. Beban hidup tak terfaktor tidak boleh melebihi dua kali beban mati tak terfaktor.
6. Untuk panel dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya, harus dipenuhi untuk balok dalam dua arah tegak lurus,

$$0,2 \leq \frac{\alpha_{f1} l_2^2}{\alpha_{f2} l_1^2} \leq 5,0$$

dimana  $\alpha_{f1}$  dan  $\alpha_{f2}$  dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$$

### 2.6.1 Pelat dengan Balok Interior

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya, **h**, harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Untuk  $\alpha_{fm}$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan 2.5.3
2. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, **h** tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm ;

3. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm ;

4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai resiko kekakuan  $\alpha_f$  tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 2.5.2.2 atau 2.5.2.3 harus dinaikan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

### 2.6.2 Pelat Tanpa Balok Interior

Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan dan mempunya rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan tabel dibawah dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

1. Tanpa panel drop (*drop panels*) ..... 125 mm
2. Dengan panel drop (*drop panels*) ..... 100 mm

Tabel 2.3 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, $f_y$ MPa <sup>†</sup>	Tanpa penebalan <sup>‡</sup>			Dengan penebalan <sup>‡</sup>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>		Tanpa balok pinggi	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$

<sup>\*</sup> Untuk konstruksi dua arah,  $l_n$  adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.  
<sup>†</sup> Untuk  $f_y$  antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.  
<sup>‡</sup> Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.  
<sup>§</sup> Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai  $\alpha$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

Sumber : SNI 2847-2013

### 2.6.3 Syarat Desain Drop Panel

Jika digunakan untuk mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada kolom atau tebal slab perlu minimum, panel drop (*drop panels*) harus :

1. Menjorok di bawah slab paling sedikit 1/4 tebal slab di sebelahnya.
2. Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari 1/6 panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

### 2.6.4 Distribusi Momen dalam Pelat

#### a. Momen Statis Terfaktor Total

Momen statis terfaktor total,  $M_0$ , untuk suatu bentang harus ditentukan pada suatu lajur yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel pada setiap sisi garis pusat tumpuan.

Jumlah mutlak momen terfaktor positif dan negatif rata-rata dalam setiap arah tidak boleh kurang dari :

$$M_0 = \frac{q_u l_2 l_n^2}{8}$$

Dimana:

$M_0$  = Momen statis terfaktor total

$l_2$  = Panjang bentang dalam arah tegak lurus terhadap  $l_1$  yang diukur pusat ke pusat tumpuan

$l_n$  = panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpuan

#### b. Momen Terfaktor Negatif dan Positif

Momen terfaktor negatif harus terletak pada muka tumpuan persegi. Pendukung bulat atau berbentuk poligon harus diperlakukan sebagai tumpuan bujursangkar dengan luas yang sama.

Pada bentang interior, momen statis total,  $M_0$ , harus didistribusikan sebagai berikut :

Momen terfaktor negatif .....0,65

Momen terfaktor positif .....0,35

Pada bentang ujung, momen statis terfaktor total,  $M_0$ , harus didistribusikan sebagai berikut :

Tabel 2.4 Distribusi Momen Total Terfaktor

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Tepi eksterior tak-terkekang	Slab dengan balok di antara semua tumpuan	Slab tanpa balok di antara tumpuan interior		Tepi eksterior terkekang penuh
			Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
Momen terfaktor negatif interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Momen terfaktor positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Momen terfaktor negatif eksterior	0	0,16	0,26	0,30	0,65

Sumber : SNI 2847-2013

c. Momen Terfaktor pada Lajur Kolom

1. Lajur kolom harus diproposikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif interior :

Tabel 2.5 Persentase Momen Rencana Negatif Interior yang Ditahan Oleh Lajur Kolom

$l_2/l_1$	0,5	1,0	2,0
$(\alpha_1 l_2/l_1) = 0$	75	75	75
$(\alpha_1 l_2/l_1) \geq 1,0$	90	75	45

Sumber : SNI 2847-2013

Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan.

2. Lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif eksterior :

Tabel 2.6 Persentase Momen Rencana Negatif Eksterior yang Ditahan Oleh Lajur Kolom

$l_2/l_1$		0,5	1,0	2,0
$(\alpha_1 l_2/l_1) = 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	75	75	75
$(\alpha_1 l_2/l_1) \geq 1,0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	90	75	45

Sumber : SNI 2847-2013

Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan, dimana :

$$\beta_t = \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s}$$

$$C = \sum \left(1 - 0,63 \frac{x}{y}\right) \frac{x^3 y}{3}$$

3. Lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor positif:

Tabel 2.7 Persentase Momen Rencana Positif yang Harus Ditahan Oleh Jalur Kolom

$l_2/l_1$	0,5	1,0	2,0
$(\alpha_1 l_2/l_1) = 0$	60	60	60
$(\alpha_1 l_2/l_1) \geq 1,0$	90	75	45

Sumber : SNI 2847-2013

Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan.

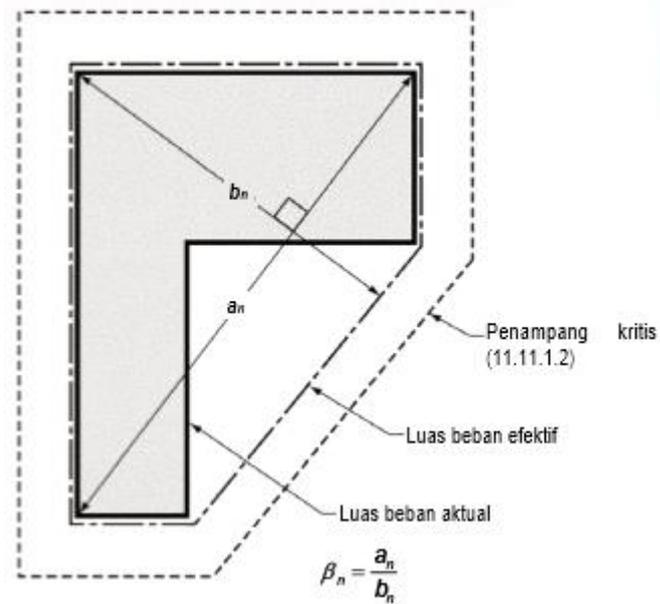
d. Kuat Geser Pelat

Pada sekitar reaksi atau beban terpusat, kuat geser terfaktor,  $V_n$  harus lebih besar atau sama dengan gaya geser terfaktor maksimum,  $V_u$ , menyebabkan gaya geser terfaktor dan momen tak seimbang.  $V_u$  ditentukan pada beban penuh sepanjang bentang dan pola pembebanan yang menghasilkan tegangan yang lebih besar. Pelat pada sekitar kolom dapat didesain pada 2 arah geser dan 1 arah geser.

Untuk pelat diambil nilai nilai terkecil dari persamaan berikut :

a.  $V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d$

dimana  $\beta$  adalah rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, beban terpusat atau daerah reaksi



Gambar 2.6 Nilai  $\beta$  untuk Luas yang Dibebani Non-Persegi

Dimana :

$\beta$  = rasio dimensi panjang terhadap pendek: bentang bersih untuk pelat dua arah

b. 
$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_0} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d$$

$\alpha_s = 40$  untuk kolom interior

$\alpha_s = 30$  untuk kolom tepi

$\alpha_s = 20$  untuk kolom sudut

c. 
$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_0 d$$

## 2.7 Perencanaan Balok

Desain awal tinggi balok,  $h$  dapat ditentukan berdasarkan tabel dibawah ini :

Tabel 2.8 Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

**CATATAN:**  
 Panjang bentang dalam mm.  
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:  
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*),  $w_c$  di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.  
 (b) Untuk  $f_y$  selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ .

Sumber : SNI 2847-2013

## 2.8 Perencanaan Kolom

Kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang lantai atau atap bersebelahan yang ditinjau. Kondisi pembebanan yang memberikan rasio momen maksimum terhadap beban aksial harus juga ditinjau.

Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya tanpa ada peringatan, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Oleh karena itu, dalam merencanakan kolom harus mempertimbangkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi dari komponen struktur lainnya.

## 2.9 Tata Cara Perencanaan Bangunan Gedung Tahan Gempa

Gempa bumi terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi. Faktor utama adalah benturan pergesakan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Gempa bumi ini menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini mempunyai suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan.

Hal yang perlu diperhatikan adalah kekuatan bangunan yang memadai untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya terutama lantai atas. Semakin tinggi bangunan, defleksi lateral yang terjadi juga semakin besar pada lantai atas.

Menurut UBC 1997, tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan kriteria :

- a. Tidak terjadi kerusakan sama sekali pada gempa kecil
- b. Ketika terjadi gempa sedang, diperbolehkan terjadi kerusakan arsitektural tetapi bukan merupakan kerusakan struktural.
- c. Diperbolehkan terjadinya kerusakan struktural dan non struktural pada gempa kuat, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

Dalam peraturan perencanaan tahan gempa di Indonesia ada beberapa metode analisis yang dilakukan pada perhitungan perencanaan tahan gempa di Indonesia, antara lain analisis gempa ringan, analisis beban dorong statik (*static pushover analysis*), analisis gempa statik ekuivalen, analisis perambatan gelombang, analisis respon spektrum, dan analisis respon dinamik riwayat waktu.

## **2.10 Sistem Perancangan Struktur**

Dalam perencanaan struktur konstruksi suatu bangunan, perlu diperhatikan konsep dasar dalam pemilihan elemen baik secara struktural maupun fungsional. Dalam perencanaan struktur terdapat beberapa system yang digunakan yaitu perancangan terhadap beban lateral, beban gravitasi dan beban gempa.

### **2.10.1 Sistem Perancangan Terhadap Beban Lateral**

Salah satu hal penting pada struktur bangunan tinggi adalah stabilitas dan kemampuannya untuk menahan gaya lateral baik yang disebabkan oleh angin maupun gempa bumi. Beban angin lebih terkait pada dimensi ketinggian bangunan sedangkan beban gempa lebih terkait pada

massa bangunan. Kolom pada bangunan tinggi perlu diperkokoh dengan system pengaku untuk dapat menahan gaya lateral agar deformasi yang terjadi akibat gaya lateral tidak melampaui ketentuan yang disyaratkan. Sistem pengaku gaya lateral yang sering digunakan adalah portal penahan momen, dinding geser (*shear wall*), atau rangka pengaku.

### **2.10.2 Sistem Perancangan Terhadap Beban Gravitasi**

Beban gravitasi merupakan beban yang berasal dari beban mati struktur dan beban hidup yang besarnya disesuaikan dengan fungsi bangunan. Struktur lantai merupakan bagian terbesar dari struktur bangunan sehingga pemilihannya perlu dipertimbangkan dengan baik, diantaranya :

- a. Pertimbangan terhadap berat sendiri lantai, semakin ringan beban lantai maka makin berkurang ukuran kolom dan pondasinya serta makin dimungkinkan menggunakan bentang yang lebih besar.
- b. Kapasitas lantai untuk memikul beban pada saat pekerjaan konstruksi
- c. Dapat menyediakan tempat/ruang untuk utilitas
- d. Memenuhi persyaratan bagi ketahanan terhadap api

Elemen-elemen penahan gaya gravitasi terdiri atas elemen struktur horizontal dan vertikal. Pada bangunan tinggi, elemen struktur horizontal tidak dipengaruhi oleh banyaknya lantai atau ketinggian bangunan. Dimensi elemen struktur ini hanya dipengaruhi oleh panjang bentang dan beban yang bekerja padanya. Elemen struktur vertikal lebih dominan memikul gaya aksial. Beban yang diterima oleh elemen struktur vertikal (kolom dan dinding geser) merupakan akumulasi dari beban-beban lantai di atasnya. Semakin ke bawah gaya aksialnya makin besar sehingga dimensinya pun semakin ke bawah semakin besar.

### **2.10.3 Sistem Perancangan Terhadap Beban Gempa**

Perencanaan gempa pada struktur bangunan gedung yang perlu diperhatikan adalah penentuan dari gempa rencana dan perhitungan gempa nominal, faktor keutamaan, daktilitas struktur dan jenis tanah dasar serta pembatasan periode getar. Dalam menganalisa pembebanan gempa

dapat dilakukan dengan analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik dengan metode respon spektrum.

Analisis statik ekuivalen merupakan standar terhadap hasil pembebanan gempa dari analisis dinamik dengan metode respon spektrum. Apabila distribusi gaya geser dari hasil analisis dinamik dengan metode respon spektrum lebih kecil dari distribusi gaya geser tiap lantai hasil analisis static ekuivalen maka gaya tersebut harus dikalikan (*scale up*) hingga mencapai 0,85 V hasil analisis statik sedangkan apabila distribusi gaya geser tiap lantai dari hasil analisis dinamik dengan metode respon spektrum lebih besar dari distribusi gaya geser hasil analisis statik ekuivalen maka beban gempa analisis dinamik tersebut dapat digunakan.

Berikut ini analisis dinamik dengan metode spektrum :

a. Gempa rencana

Tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewatinya besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

Berikut ini adalah langkah-langkah membuat respons spektrum desain :

- Menentukan  $S_s$  dan  $S_1$  yang di dapat dari peta gempa
- Menentukan jenis tanah dan kofisien situs. Setelah jenis tanah ditentukan, dengan nilai  $S_s$  dan  $S_1$  yang diperoleh dari langkah pertama, dengan tabel 2.9 dan tabel 2.10, maka ditemukan faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik ( $F_v$ ).

Tabel 2.9 Koefisien Situs,  $F_a$ 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

Sumber : SNI 1726-2012

Tabel 2.10 Koefisien Situs,  $F_v$ 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan pada perioda 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

Sumber : SNI 1726-2012

- Menghitung parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek ( $S_{MS}$ ) dan perioda 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan ini :

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

- Menghitung parameter percepatan spektral desain  
Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek,  $S_{DS}$  dan pada perioda 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan dengan perumusan ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

- Spektrum respons desain
- Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan :

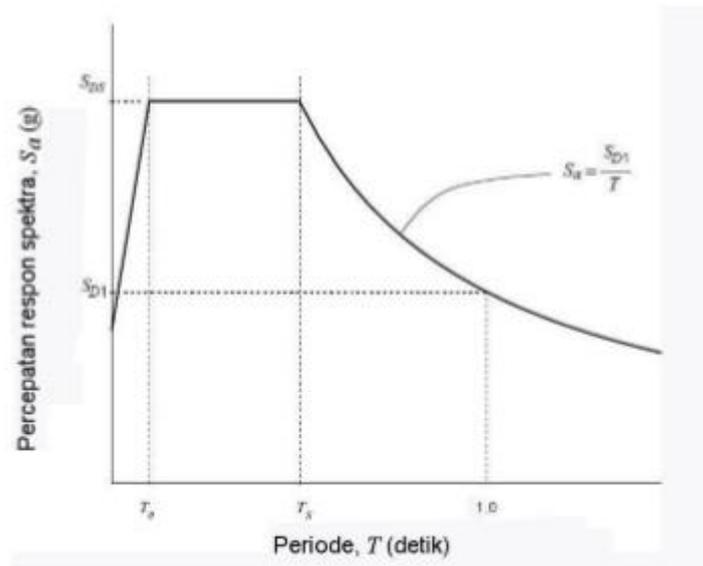
$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$
- Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Keterangan :

- $S_{MS}$  = parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
- $S_{M1}$  = parameter percepatan respons spektral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
- $S_{DS}$  = parameter percepatan respons spektral percepatan desain pada perioda pendek,
- $S_{D1}$  = parameter percepatan respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik,
- $T$  = perioda getar fundamental bangunan.



Gambar 2.7 Spektrum Respon Desain

Sesuai pasal 5.3, jenis tanah dikelompokkan menjadi enam bagian, dengan pembagiannya berdasarkan besaran-besaran kecepatan rambat gelombang geser rata-rata ( $v_s$ ), nilai hasil test penetrasi standar rata-rata ( $N$ ), dan kuat geser niralir rata-rata.

Tabel 2.11 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 $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs 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) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

Sumber : SNI 1726-2012

Menentukan faktor keutamaan dan kategori risiko struktur bangunan, khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 2.12 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

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

<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 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 risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar 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 kebocoran.</p>	III
<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>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber : SNI 1726-2012

Tabel 2.13 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726-2012

b. Kategori Desain Gempa

Sesuai pasal 6.5, struktur harus memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Kriteria perancangan Kategori Desain Gempa (*Seismic Design Category*) dan dikaitkan dengan kategori hunian.

Tabel 2.14 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

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 2.15 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	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

c. Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 dan hasil seminar HAKI dirumuskan sistem struktur untuk berbagai tingkat risiko kegempaan pada tabel berikut :

Tabel 2.16 Pemilihan Sistem Struktur Berdasarkan Tingkat Risiko Gempa

SNI 1726:2012	Tingkat Risiko Kegempaan		
	Rendah	Menengah	Tinggi
	A, B	C	D, E, F
Sistem Penahan Gempa	SRMB/ M/ K SDSB/ K	SRMM/ K SDSB/ K	SRMK SDSK

Sumber : SNI 1726-2012

d. Struktur Penahan Beban Seismik

Sesuai pasal 7.2 pada SNI 1726:2012, sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam tabel Lampiran 2. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam. Koefisien modifikasi respons yang sesuai,  $R$ , faktor kuat lebih sistem,  $\Omega_0$ , dan faktor pembesaran defleksi,  $C_d$ , sebagaimana ditunjukkan dalam tabel harus digunakan dalam penentuan gaya geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Tabel 2.17 Faktor R, C<sub>d</sub>, dan Ω<sub>0</sub> untuk Sistem Penahan Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R <sup>a</sup>	Faktor kuat-lebih sistem, Ω <sub>0</sub> <sup>g</sup>	Faktor pembesaran defleksi, C <sub>d</sub> <sup>b</sup>	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h <sub>n</sub> (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
<b>C.Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 <sup>n.1</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3 <sup>o</sup>	3½	10	10	10	10	10

Sumber : SNI 1726-2012

e. Gaya Geser Dasar Gempa dan Beban Lateral Gempa

Sesuai pasal 7.8.1, geser dasar seismik, V dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W$$

Koefisien respons sismik, C<sub>s</sub>, harus ditentukan sesuai persamaan berikut :

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Nilai C<sub>s</sub> yang dihitung tidak perlu melebihi persamaan berikut :

$$C_s = \frac{SD1}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$C_s$  harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

Untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana  $S_1$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari :

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Sesuai pasal 7.8.3, gaya gempa lateral ( $F_x$ ) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} V$$

dan

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Sesuai pasal 7.8.4, geser tingkat desain gempa di semua tingkat ( $V_x$ ) (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i$$

Keterangan :

$F_i$  : bagian dari geser dasar seismik ( $V$ ) yang timbul di tingkat  $i$ .

$C_s$  : koefisien respons gempa

$W$  : berat seismik efektif bangunan

$I_e$  : faktor keutamaan

$R$  : koefisien modifikasi respons

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

- $S_{DS}$  : parameter percepatan respons spektral percepatan desain pada perioda pendek
- $T$  : Perioda fundamental bangunan