

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Umum

Tinjauan pustaka dari penulisan skripsi ini yaitu menjelaskan mengenai teori yang digunakan dalam Perencanaan Struktur Gedung Rumah Sakit 6 (enam) Lantai Di Palembang Dengan Metode “*Response Spectrum Analysis*” dapat memenuhi aspek kekuatan yang dibutuhkan. Adapun pedoman yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung ini adalah sebagai berikut :

- a) SNI 1726:2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung)
- b) SNI 1726:2013 (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung)
- c) SNI 1727:2013 (Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain)
- d) PBBI 1971 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia)
- e) PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung)

1.2 Data Teknis

Adapun salah satu dasar yang ditinjau dalam perencanaan struktur gedung ini adalah mutu bahan.

Mutu bahan dalam hal ini adalah mutu beton dan besi tulangan yang akan digunakan dalam perencanaan. bila mutu bahan yang digunakan adalah rendah, maka akan membutuhkan jumlah yang besar dibandingkan bila digunakan mutu bahan yang tinggi untuk dapat memenuhi kriteria kekuatan struktur. Hal ini harus dipertimbangkan supaya menghasilkan struktur yang ekonomis dan aman.

Di samping itu, penentuan mutu bahan untuk suatu komponen struktur juga harus ditinjau berdasarkan fungsi gedung dan fungsi komponen struktur, dan lain sebagainya.

Mutu bahan yang digunakan pada perencanaan struktur gedung ini adalah sebagai berikut :

1. Mutu beton : K-250 kg/m² ($f'_c=20,75$ MPa)
2. Mutu baja tulangan :
 - a) Tulangan begel : BJTP 24 ($f_y=240$ MPa)
 - b) Tulangan utama : BJTD 40 ($f_y = 400$ MPa)
3. Modulus elastisitas
 - a) Beton normal E_c : $4700\sqrt{f'_c}$

1.3 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 ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup. Sedangkan beban angin dan beban gempa termasuk beban lateral. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. Dalam perencanaan bangunan ini struktur termasuk dalam kategori Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

1.3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

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

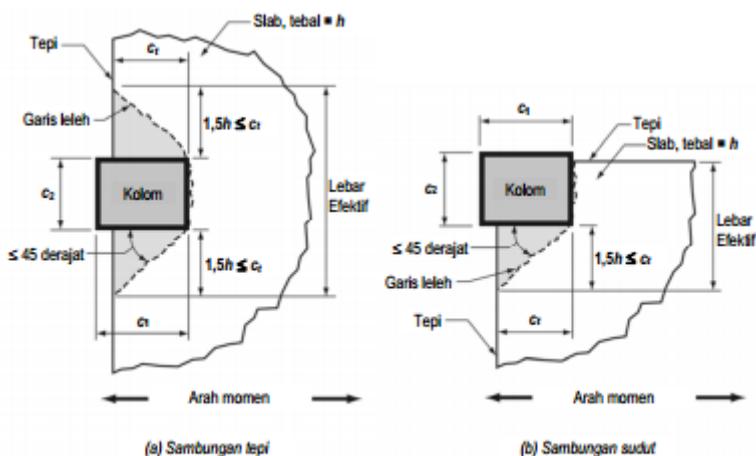
1.3.2 Komponen struktur lentur rangka momen khusus

Komponen Struktur Rangka Momen Khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempaan diproporsikan terutama untuk menahan

lentur berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 21.5) harus memenuhi persyaratan dibawah ini :

1. Lingkup

- a. Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya
- b. Lebar komponen, b_w tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm
- c. Lebar komponen struktur, b_w tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, ditambah suatu jarak pada masing – masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari a dan b :
 - Lebar komponen struktur penumpu, c_2
 - $0,75$ kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_1

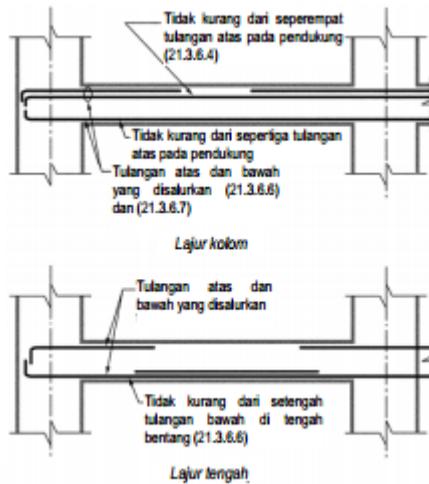


Gambar 1.1 Lebar efektif untuk penempatan tulangan pada sambungan tepi dan sudut

Sumber : SNI 2847:2013 gambar S21.3.6.1 (2013)



Gambar 1.2 Lokasi tulangan pada slab
 Sumber : SNI 2847:2013 gambar S21.3.6.2 (2013)



Gambar 1.3 Penempatan tulangan pada slab
 Sumber : SNI 2847:2013 gambar S21.3.6.3 (2013)

2. Tulangan longitudinal

a. Pada sebarang penampang komponen struktur lentur untuk tulangan atas maupun bawah :

1) Jumlah tulangan atas maupun bawah tidak boleh kurang dari persamaan 2.1 :

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} bwd \quad (1.1)$$

2) Rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi 0,025

3) Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah

b. Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari $d/4$ dan 100 mm. sambungan lewatan tidak boleh digunakan :

1) Dalam joint

2) Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka joint

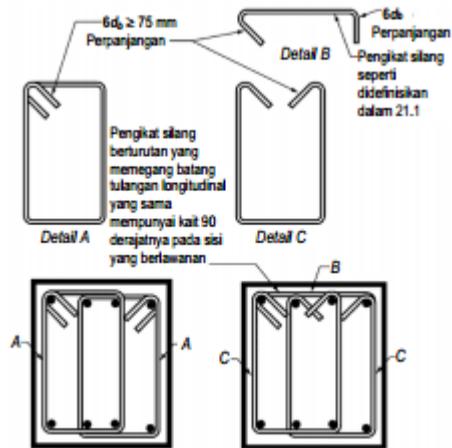
3. Tulangan transversal

a. Sengkang harus dipasang pada daerah kompen struktur rangka berikut :

1) Sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur

2) Sepanjang panjang – panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi dalam hubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka

- b. Senggang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi senggang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari :
- 1) $d/4$
 - 2) Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama
 - 3) 150 mm



Gambar 1.4 Contoh – contoh senggang tertutup saling tumpang dan ilustrasi batasan pada spasi horizontal maximum batang tulangan longitudinal yang ditumpu

Sumber : SNI 2847:2013 gambar S21.5.3 (2013)

- c. Bila senggang tertutup diperlukan, batang tulangan lentur utama yang terdekat ke muka tarik dan tekan harus mempunyai tumpuan lateral
- d. Bila senggang tertutup tidak diperlukan, senggang dengan kait gempu pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang komponen struktur
- e. Senggang atau pengikat yang diperlukan untuk menahan geser harus berupa senggang sepanjang panjang komponen struktur.

- f. Sengkang pada komponen struktur lentur diizinkan terbentuk dari dua potong tulangan : sebuah sengkang yang mempunyai kait gempa pada kedua ujungnya dan ditutup oleh pengikat silang. Pengikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan memanjang yang sama harus mempunyai kait 90 derajatnya pada sisi komponen struktur lentur yang berlawanan. Jika batang tulangan memanjang yang diamankan oleh pengikat silang dikekang oleh slab hanya pada satu sisi komponen struktur rangka lentur, kait pengikat silang 90 derajat harus ditempatkan pada sisi tersebut.
4. Persyaratan Kekuatan Geser
- a. Gaya desain
- Gaya geser 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, bekerja pada muka – muka joint dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributary terfaktor sepanjang bentangnya.
- b. Tulangan transversal
- Tulangan transversal sepanjang panjang l_0 , harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana keduanya terjadi :
- 1) Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai V_e , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut.
 - 2) Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'c/20$

1.3.3 Komponen struktur rangka momen khususnya yang dikenai beban lentur dan aksial

Berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 21.6)

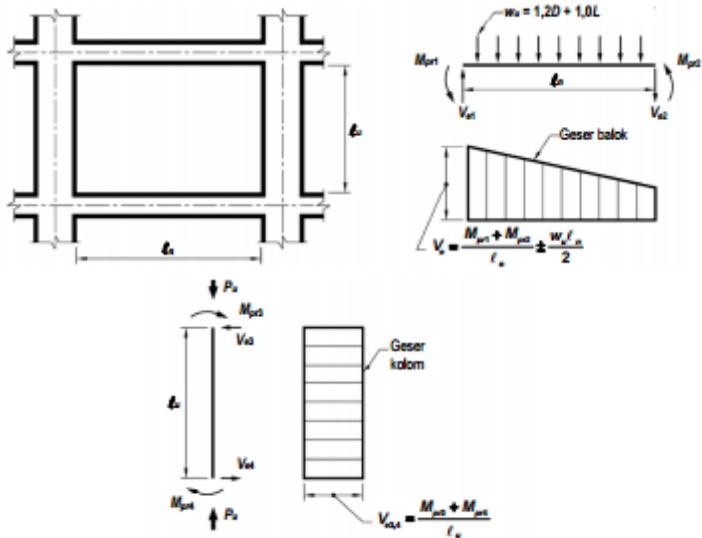
1. Lingkup

Komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi – kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm
- Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4

2. Kekuatan lentur minimum beton

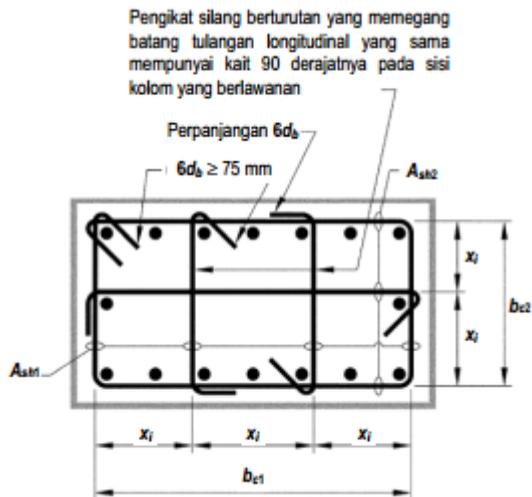
- Komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi – kondisi sebagai berikut :



Gambar 1.5 Geser desain untuk balok dan kolom

Sumber : SNI 2847:2013 gambar S21.5.4 (2013)

3. Tulangan memanjang
 - a. Luas tulangan memanjang A_{sr} , tidak boleh kurang dari $0,01A_g$, atau lebih dari $0,06A_g$
4. Tulangan transversal
 - a. Tulangan transversal yang disyaratkan harus dipasang sepanjang panjang l_o , dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis rangka. Panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar sebagai berikut ;
 - 1) Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi
 - 2) Seperenam bentang bersih komponen struktur
 - 3) 450 mm



Gambar 1.6 Contoh tulangan transversal pada kolom
 Sumber : SNI 2847:2013 gambar S21.6.4.2 (2013)

- b. Tulangan transversal harus disediakan dengan salah satu dari spiral tunggal atau saling tumpuk. Sengkang bulat atau sengkang persegi dengan atau tanpa pengikat silang. Pengikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang lebih kecil seperti begelnya diizinkan. Setiap ujung pengikat silang harus memegang batang tulangan longitudinal terluar. Pengikat silang yang berurutan harus diseling ujung – ujungnya sepanjang tulangan longitudinal. Spasi pengikat silang atau kaki – kaki sengkang persegi, h_x , dalam penampang komponen struktur tidak boleh melebihi 350 mm pusat ke pusat.
- c. Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_o , komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :
 - 1) Seperempat dimensi komponen struktur minimum
 - 2) Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil
- d. Kolom harus mengandung tulangan spiral atau sengkang dengan spasi pusat ke pusat, s , tidak melebihi yang lebih kecil dari enam kali diameter batang tulangan kolom longitudinal terkecil dan 150 mm.
- e. Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku yang tak menerus, seperti dinding harus memenuhi a dan b :
 - 1) Tulangan transversal harus disediakan sepanjang tinggi keseluruhannya pada semua tingkat dibawah diskontinuitas jika gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini berhubungan dengan pengaruh gempa,
 - 2) Tulangan transversal harus menerus ke dalam komponen struktur tak menerus paling sedikit sejarak sama dengan l_d , untuk batang tulangan kolom longitudinal terbesar. Bilamana ujung bawah kolom berhenti pada suatu dinding, tulangan transversal perlu harus menerus kedalam dinding paling sedikit l_d dari batang tulangan kolom longitudinal terbesar di titik pemutusan. Bilaman

kolom berhenti pada fondasi tapak (footing), setempat atau penutup tiang fondasi, tulangan transversal perlu harus menerus paling sedikit 300 mm ke dalam fondasi tapak, setempat atau penutup tiang fondasi.

- f. Bila selimut beton diluar tulangan transversal pengekang yang ditetapkan melebihi 100 mm, tulangan transversal tambahan harus disediakan. Selimut beton untuk tulangan transversal tambahan tidak boleh melebihi 300 mm
5. Persyaratan kekuatan geser

a. Gaya desain

Gaya geser desain V_e , harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya – gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka – muka pertemuan (joint) disetiap 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. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada M_{pr} komponen struktur transversal yang merangka ke dalam joint. Dalam semua kasus V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.

1.3.4 Joint rangka momen khusus

Berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 21.7)

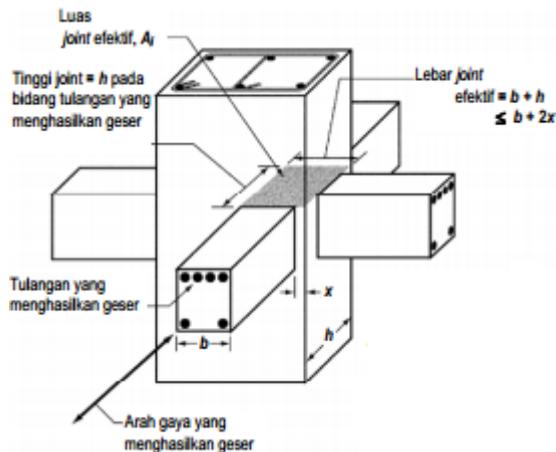
1. Persyaratan umum

- a. Tulangan longitudinal balok yang dihentikan dalam suatu kolom harus diteruskan kemuka jauh dari inti kolom terkekang dan diangkur dalam kondisi tarik dan dalam kondisi tekan
- b. Bila tulangan balok longitudinal menerus melalui joint balok – kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar untuk beton normal (normalweight).

Untuk beton ringan (lightweight), dimensinya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter batang tulangan.

2. Tulangan transversal

- a. Bilamana komponen – komponen struktur merangka kedalam semua empat sisi joint dan bilamana setiap lebar komponen struktur adalah paling sedikit tiga perempat lebar kolom, jumlah tulangan yang ditetapkan diizinkan untuk direduksi dengan setengahnya, dan spasi yang disyaratkan diizinkan untuk ditingkatkan sampai 150 mm dalam tinggi keseluruhan h komponen struktur rangka yang terpendek
- b. Tulangan balok longitudinal diluar inti kolom harus dikekang dengan tulangan transversal yang melewati kolom yang memenuhi persyaratan. Jika pengkekangan tersebut tidak disediakan oleh suatu balok yang merangka ke dalam joint.



Gambar 1.7 Luas joint efektif

Sumber : SNI 2847:2013 gambar S21.7.4 (2013)

1.4 Kategori Pembebanan

Beban-beban pada struktur gedung dapat terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, beban air hujan dan beban khusus lainnya seperti beban getaran mesin, beban kejutan listrik, dan lain-lain. Beban-beban yang direncanakan akan bekerja dalam struktur gedung tergantung dari fungsi ruangan, lokasi, bentuk, kekakuan, massa, dan ketinggian gedung itu sendiri. Jenis beban yang akan dipakai pada perencanaan struktur ini adalah beban mati (*DL*), beban hidup (*LL*), beban angin (*WL*) dan beban gempa (*EL*).

1.4.1 Beban mati (Dead Load/DL)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai atap, plafond, tangga, dinding partisi, komponen arsitektural dan struktural lainnya. Pada perhitungan struktur ini menggunakan bantuan software (SAP 2000 versi 14), beban mati dari material dihitung secara otomatis berdasarkan input data material dan dimensi material yang digunakan.

Berat material bangunan tergantung dari jenis bahan bangunan yang dipakai. Contoh berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung adalah :

1. Beton bertulang = 2400 kg/m³
2. Pasangan bata ringan = 60 kg/m²
3. Penutup lantai = 24 kg/m²
4. Spesi per cm = 21 kg/m²
5. Mortar = 8 kg/m²
6. Plafond + penggantung = 18 kg/m²

1.4.2 Beban hidup (Hidup Load/LL)

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan. didalam peraturan pembebanan telah ditetapkan bahwa fungsi suatu ruangan di dalam gedung akan memuat beban berbeda. Misal beban untuk rumah

sakittentu berbeda dengan beban untuk rumah tinggal, dan lainnya. Contoh beban hidup berdasarkan fungsi menurut tabel di bawah ini :

Tabel 1.1 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Lb (kN)
Rumah sakit :		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Garasi / parkir		
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	
Truk dan bus		
Atap		
Atap datar, berbubung & lengkung	20 (0,96)	
Tangga & jalan keluar	40 (1,92)	300

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

1.4.3 Beban angin (Wind Load/WL)

Beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin diturunkan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif, yang bekerja tegak lurus pada bidang – bidang yang ditinjau.

1. Kategori resiko bangunan dan struktur lainnya

Berdasarkan (SNI 1727:201), kategori resiko bangunan pada bangunan gedung dikelompokkan pada tabel di bawah ini

Tabel 1.2 Kategori resiko bangunan dan struktur lainnya untuk beban banjir, angin, gempa dan es

Penggunaan atau pemanfaatan fungsi bangunan gedung dan struktur	Kategori resiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting	IV
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat	

Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan atau membuang zat – zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun dimana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis

Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Resiko IV struktur lainnya

Sumber : SNI 1727:2013 tabel 1.5-1 (2013)

2. Kecepatan angin dasar

Kecepatan angin (V) pada perencanaan ini ditentukan yaitu sebesar 70 km/jam

3. Parameter beban angin

a. Faktor arah angin

Faktor arah angin K_d harus ditentukan berdasarkan tabel di bawah ini :

Tabel 1.3 Faktor arah angin (K_d)

Tipe struktur	Faktor arah angin K_d
Bangunan gedung	
Sistem penahan beban angin utama	0,85
Komponen dan klading bangunan gedung	0,85

Sumber : SNI 1727:2013 tabel 26.6-1 (2013)

b. Kategori eksposur

Kekasaran permukaan tanah dalam setiap sektor 45° harus ditentukan untuk suatu jarak lawan angin yang telah ditentukan sebagai berikut :

Kekasaran permukaan B : Daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan, atau daerah lain dengan penghalang berjarak dekat yang banyak memiliki ukuran dari tempat tinggal keluarga-tunggal atau lebih besar

Kekasaran permukaan C : Dataran terbuka dengan penghalang terbesar yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 30 ft (9,1 m). kategori ini mencakup daerah terbuka datar dan padang rumput.

Kekasaran permukaan D : Area datar, area tidak terhalang dan permukaan air. Kategori ini berisi lumpur halus, padang garam dan es tak terputus.

1) Eksposur B

Untuk bangunan gedung dengan tinggi rata – rata kurang dari atau sama dengan 30ft (9,1m), eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh kekasaran permukaan B, berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1500ft (457m). Untuk bangunan dengan tinggi atap rata – rata lebih besar dari 30ft(9,1m), eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan B berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih besar dari 2600ft (792m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.

2) Eksposur C

Berlaku untuk semua kasus dimana eksposur B atau D tidak berlaku

3) Eksposur D

Eksposur D berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh kekasaran permukaan D, berlaku di arah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5000ft (1524m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar. Eksposur D juga berlaku belamana kekasaran permukaan tanah segera lawan angin dari situs B atau C, dan situs yang berada dalam jarak 600ft (183 m) atau 20 kali tinggi bangunan, mana yang terbesar, dari kondisi eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya.

- c. Faktor topografi
Efek peningkatan kecepatan angin efek harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain dengan menggunakan faktor K_{zt} . dimana ditentukan $K_{zt} = 1,0$
- d. Faktor efek tiupan angin
Untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku menurut (SNI 1727:2013) pasal 26.9, faktor efek tiupan angin boleh diambil sebesar $G=0,85$
- e. Koefisien tekanan internal
Koefisien tekanan internal (GC_{pi}), harus ditentukan berdasarkan pada klasifikasi ketertutupan bangunan gedung yang ditentukan berdasarkan tabel di bawah ini :

Tabel 1.4 Koefisien tekanan internal (GC_{pi})

Sistem penahan beban angin utama dan komponen klading	Semua ketinggian
Bangunan tertutup, tertutup sebagian dan terbuka	Dinding dan atap
Klasifikasi ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18
	- 0,18

Sumber : SNI 1727:2013 tabel 26.11-1 (2013)

4. Kecepatan koefisien paparan tekanan

Berdasarkan kategori eksposur yang ditentukan dalam (SNI 1727:2013) pasal 26.7.3, koefisien eksposur tekanan velositas K_z atau K_h sebagaimana yang berlaku harus ditentukan berdasarkan tabel di bawah ini :

Tabel 1.5 Konstanta eksposur daratan

Eksposur	α	Z_g (ft)	\hat{a}	\hat{b}	l (ft)	$\dot{\epsilon}$	Z_{min} (ft)
B	7,0	365,76	1/7	0,84	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	198,12	1/8,0	2,13

Sumber : SNI 1727:2013 tabel 26.9-1 (2013)

Tabel 1.6 Koefisien eksposur tekanan velositas

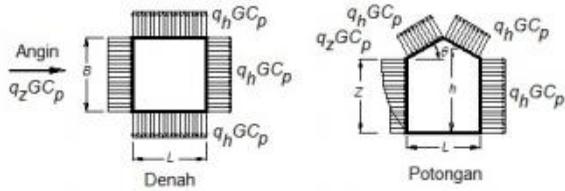
Sistem penahan beban angin utama		Seluruh ketinggian		
Koefisien eksposur tekanan velositas, K_f dan K_z				
Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	(m)	B	C	D
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43

Sumber : SNI 1727:2013 tabel 27.3-1 (2013)

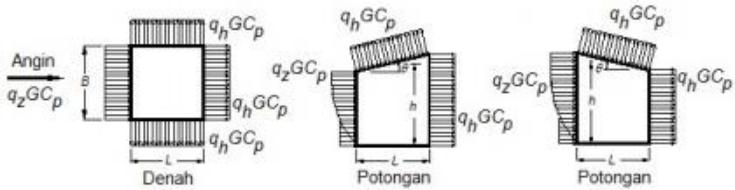
5. Bangunan gedung kaku tertutup dan tertutup sebagian
Tekanan angin desain untuk SPBAU bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan berdasarkan persamaan 2.2. berikut :

$$p = qGC_p - q/(GC_{pi}) \text{ (lb/ft}^2\text{) (N/mm}^2\text{)} \quad (1.2)$$

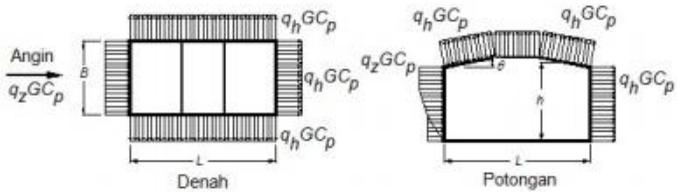
- q = q_z untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah
- q = q_h untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian h
- q_i = q_h untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian
- q_i = q_z untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif.
- G = Faktor efek tiupan angin
- C_p = Koefisien tekanan eksternal, dari Tabel 1.7
- (GC_{pi}) = Koefisien tekanan internal, dari Tabel 1.4



Atap pelana, atap perisai



Atap miring sepihak (CATATAN 4)



Atap mansard [CATATAN 8]

Gambar 1.8 Koefisien tekanan eksternal atap, C_p
 Sumber : SNI 1727:2013 gambar 27.4-1 (2013)

Tabel 1.7 Koefisien tekanan eksternal dinding, C_p

Koefisien tekanan dinding			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	- 0,5	q_h
	2	- 0,3	
	≥ 4	-0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7	q_h

Sumber : SNI 1727:2013 gambar 27.4-1 (2013)

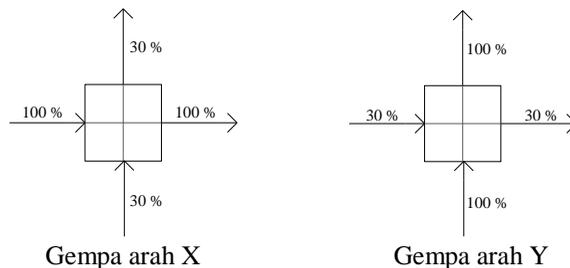
1.4.4 Beban gempa (Earthquake Load/WL)

Dalam perencanaan ini beban gempa dihitung menggunakan analisa respons spektrum.

1. Arah Kriteria Pembebanan Gempa

Berdasarkan SNI 1726;2012 pasal 7.5.4 struktur yang dirancang untuk Kategori Desain Seismik D, E atau F, harus minimum sebagai berikut:

- gaya gempa desain diijinkan untuk diterapkan secara terpisah dalam masing – masing arah dari dua arah ortogonal dan pengaruh interaksi orthogonal diijinkan untuk diabaikan.
- 100 persen gaya untuk satu arah ditambah 30 persen gaya untuk tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan



Gambar 1.9 Arah gaya pembebanan gempa

Sumber : SNI 1726:2012 (2012)

2. Perhitungan beban gempa

Proses perencanaan ketahanan gempa sangat dipengaruhi oleh lokasi serta kondisi tanah. Sebagaimana diketahui bahwa getaran yang disebabkan oleh gempa cenderung membesar pada tanah lunak dibandingkan pada tanah keras atau batuan. Proses klasifikasi tanah tersebut berdasarkan atas data tanah pada kedalaman hingga 30 m, karena menurut penelitian hanya lapisan – lapisan tanah sampai kedalaman 30 m saja yang menentukan pembesaran gelombang gempa (wangsadinata, 2006). Data tanah tersebut adalah shear wave velocity (kecepatan rambat gelombang geser), standart penetration resistance (uji penetrasi standart SPT) dan undrained shear strength (kuat geser undrained).

a) Pengertian tanah

Tanah merupakan kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat tersebut diaduk dalam air atau kumpulan mineral, bahan organik dan endapan – endapan yang relatif lepas, yang terletak di atas batuan dasar.

Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel yang lebih kecil disebabkan pengaruh erosi, air, cuaca atau suhu.

b) Kriteria tanah lunak

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir – butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Sifat tanah lunak adalah gaya gesernya kecil, kemampuannya besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah jika dibandingkan dengan tanah lainnya.

Tanah lempung lunak secara umum mempunyai sifat – sifat sebagai berikut :

- 1) Kuat geser rendah
- 2) Bisa kadar air bertambah, kuat gesernya berkurang
- 3) Bila struktur tanah terganggu, kuat gesernya berkurang
- 1) Bila basah bersifat plastis dan mudah mampat

- 2) Menyusut bila kering dan mengembang bila basah
 - 3) Memiliki kompresibilitas yang besar
 - 4) Berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkai pada beban yang konstan
 - 5) Merupakan material kedap air
- Penentuan tipe tanah didapat dari persamaan 2.3 berikut :
- Tahanan penetrasi standart lapangan rata – rata

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (1.3)$$

Keterangan:

\bar{N} = nilai tahanan penetrasi rata – rata

d_i = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0-30 m

a. Menentukan klasifikasi situs

Berdasarkan sifat – sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs *SA*, *SB*, *SC*, *SD* atau *SF*. Menentukan klasifikasi situs tanah berdasarkan (SNI 1726:2012) pasal 5.3 dengan menggunakan SPT rata – rata (\bar{N}). Tipe kelas situs ditetapkan dengan Tabel di bawah ini:

Tabel 1.8 Klasifikasi situs

Kelas situs	\bar{v} (m/dtk)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\hat{s}_u (kPa)
<i>SB</i> (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
<i>SC</i> (tanah keras, sangat padat)	350 sampai 750	> 50	> 100
<i>SD</i> (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
	< 175	< 15	< 50
<i>SE</i> (tanah lunak)	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 $\dot{s}_u < 25 \text{ kPa}$

Sumber : SNI 1726:2012 tabel 3 (2012)

b. Koefisien Nilai F_{PGA}

Potensi likuifaksi dan kehilangan kekuatan tanah yang dievaluasi terhadap percepatan tanah puncak pada situs, magneto gempa dan karakteristik sumber yang konsisten dengan percepatan puncak gempa maksimum yang dipertimbangkan (MCE_G). Percepatan tanah puncak harus ditentukan dengan percepatan tanah puncak PGA_M , dari persamaan 2.4 berikut :

$$PGA_M = F_{PGA} PGA \tag{1.4}$$

Keterangan :

PGA_M = MCE_G percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs

PGA = Percepatan tanah puncak terpetakan

F_{PGA} = Koefisien situs, dari tabel 1.9

Tabel 1.9 Koefisien situs F_{PGA}

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA = 2$	$PGA = 3$	$PGA = 4$	$PGA \geq 5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	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

Sumber : SNI 1726:2012 tabel 8 (2012)

Tabel 1.10 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 tabel 2 (2012)

- c. Faktor keutamaan dan kategori resiko struktur bangunan Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e .

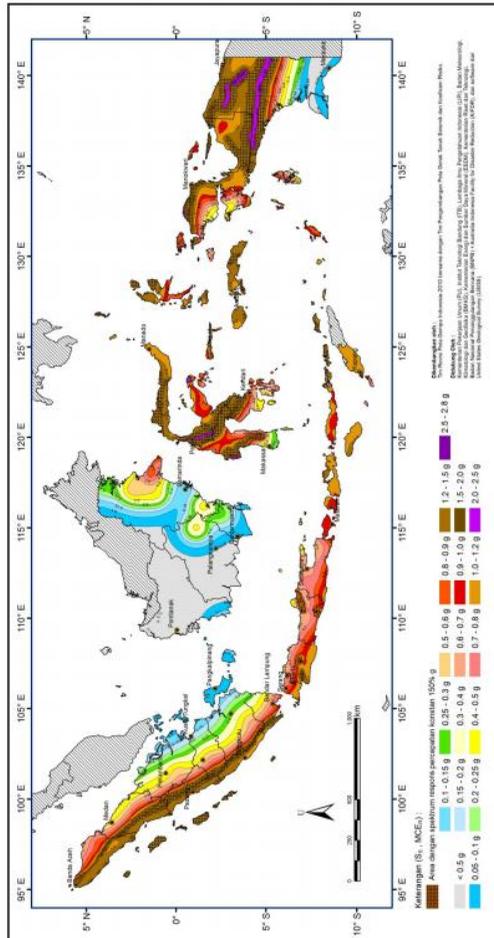
Tabel 1.11 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan – bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - 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 <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV</p>	IV

Sumber : SNI 1726:2012 tabel 1 (2012)

- d. Parameter percepatan gempa (S_S dan S_I)
 Parameter S_S (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_I (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing – masing dengan menggunakan Peta Gempa (SNI 1726:2012).

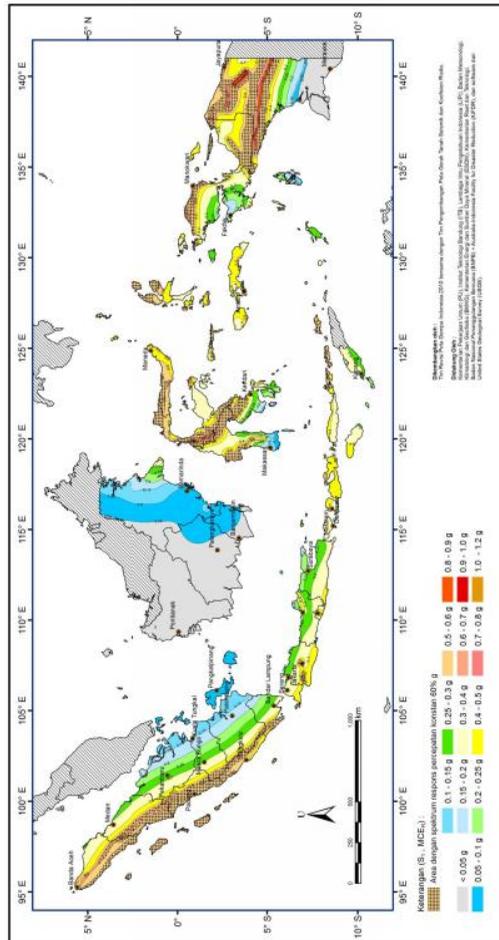
- 1) Parameter nilai S_S
 Parameter nilai percepatan respons spektral gempa MCE_R resiko tertarget pada perioda pendek.



Gambar 1.11 S_S , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCE_R)

Sumber : SNI 1726:2012 gambar 9 (2012)

- 2) Parameter nilai S_I
 Parameter nilai percepatan respons spektral gempa MCE_R
 resiko tertarget pada perioda 1 detik.



Gambar 1.12 S_I , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCE_R)

Sumber : SNI 1726:2012 gambar 10 (2012)

e. Koefisien situs periode (F_a dan F_v)

1) Koefisien nilai F_a

Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

Tabel 1.12 Koefisien situs (F_a)

Kelas situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>SC</i>	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
<i>SD</i>	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
<i>SE</i>	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9

Sumber : SNI 1726:2012 tabel 4 (2012)

2) Koefisien Nilai F_v

Faktor amplifikasiterkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik

Tabel 1.13 Koefisien situs (F_v)

Kelas situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 5$
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>SC</i>	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
<i>SD</i>	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
<i>SE</i>	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4

Sumber : SNI 1726:2012 tabel 5 (2012)

- f. Koefisien situs dan parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_R)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R dipermukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan persamaan 2.5 dan 2.6 berikut :

$$S_{MS} = F_a S_S \quad (1.5)$$

$$S_{M1} = F_v S_I \quad (1.6)$$

Keterangan :

S_S = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_I = Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik

- g. Parameter Percepatan Spektral Desain
Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan periode 1 detik S_{D1} harus ditentukan melalui persamaan 2.7 dan 2.8 berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (1.7)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (1.8)$$

h. Kategori desain seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki sesuatu kategori desain seismik. Struktur dengan kategori resiko I, II, III atau IV, berdasarkan tabel di bawah ini :

Tabel 1.14 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek (S_{DS})

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

Sumber : SNI 1726:2012 tabel 6(2012)

Tabel 1.15 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{D1})

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} \leq 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 1726:2012 tabel 7 (2012)

i. Periode fundamental pendekatan (T_a)

Menentukan besar periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik sesuai dengan (SNI 1726:2012) pasal 7.8.2.1 dan persamaan 2.9 berikut :

$$T_a = C_t h_n^x \quad (1.9)$$

Keterangan :

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

C_t = ditentukan Tabel 1.17

x = ditentukan Tabel 1.17

Tabel 1.16 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien 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 tabel14 (2012)

Tabel 1.17 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 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 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua system struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sumber : SNI 1726:2012 tabel 15 (2012)

Jika $T_c > C_u \cdot T_a$, maka gunakan $T = C_u \cdot T_a$ (1.10)

Jika $T_a < T_c < C_u$, maka gunakan $T = T_c$ (1.11)

Jika $T_c < T_a$, maka gunakan $T = T_a$ (1.12)

Keterangan :

T_c = Periode fundamental struktur diperoleh dari analisa struktur

T_a = Periode fundamental pendekatan

C_u = Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung, ditentukan pada Tabel 1.16

j. Membuat spektrum respons desain berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 6.4

- 1) Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spectrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan 2.13 berikut :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (1.13)$$

- 2) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S , spectrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS}
- 3) Untuk periode lebih besar dari T_S , spectrum respons percepatan desain S_a , diambil berdasarkan persamaan 2.14 berikut :

$$S_a = \frac{SD1}{T} \quad (1.14)$$

Keterangan :

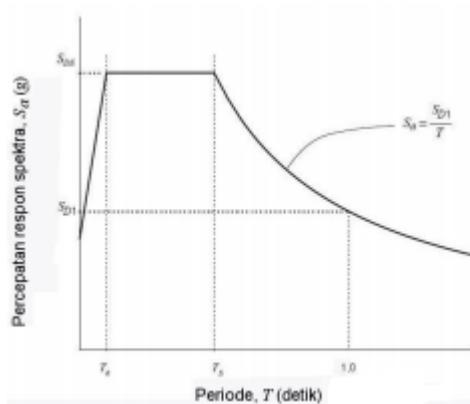
S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

S_{D1} = parameter respons spectral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS}$$

$$T_S = \frac{SD1}{SDS}$$



Gambar 1.13 Spektrum respons desain
 Sumber : SNI 1726:2012 gambar 1 (2012)

k. Pemilihan sistem struktur

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam tabel 2.7. 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 tabel 2.7 Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 2.7 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

l. Skala faktor gempa

Respons spektrum diberikan nilai skala faktor gempa sebesar I/R , I adalah faktor keutamaan, R adalah faktor reduksi gempa. Karena input nilai S_F pada respons spektrum dinyatakan dalam gravitasi bumi (g), maka untuk input juga akan ditambahkan faktor pengkali sebesar $g = 9,81 \text{ m/dt}^2$.

- m. Gaya geser dasar seismik (v) berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1 dan persamaan berikut 2.15 berikut :

$$V = C_s W \quad C_s = \frac{SDS}{R/I_e}$$

Sehingga,

$$V = \frac{SDS}{R/I_e} \times W \quad (1.15)$$

Keterangan :

- V = Gaya dasar seismik
 C_x = Koefisien respons seismik
 W = Berat seismik
 S_{DS} = Parameter percepatan spectrum respons desain dalam periode pendek
 R = Faktor modifikasi respons
 I_e = Faktor keutamaan gempa

- n. Gaya geser desain seismik per lantai (F_x) berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 dan persamaan 2.16 berikut :

$$F_x = C_{vx} V \quad C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k}$$

Sehingga,

$$f_x = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} \times V \quad (1.16)$$

Keterangan :

- C_{vx} = Faktor distribusi vertikal
 V = Gaya lateral desain total atau geser didasar struktur
 W_x = Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang

ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x

k = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
 untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
 untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 dan 2,5 detik, harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2

1.4.5 Kombinasi pembebanan

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

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (L_r atau R)
3. 1,2 DL + 1,6 L_r + 1,0 LL
4. 1,2 DL + 1,0 EL + 1,0 LL
5. 1,2 DL + 1,0 WL + 1,0 LL + 0,5 L_r
6. 0,9 DL + 1,0 WL
7. 0,9 DL + 1,0 EL

Keterangan :

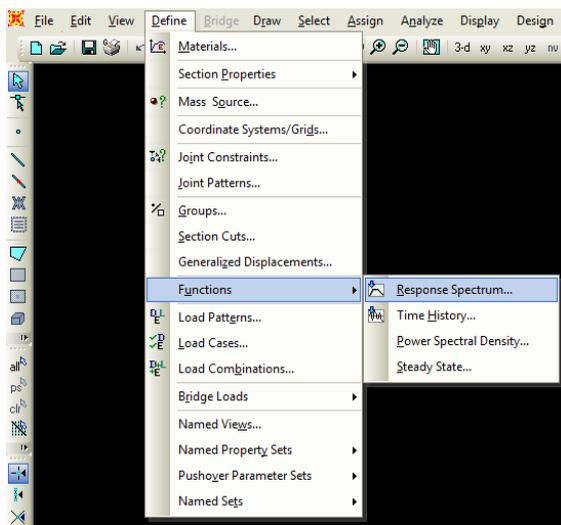
- DL = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, partisi tetap, tangga dan peralatan layan tetap
- LL = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain – lain
- 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

WL = Beban angin
EL = Beban gempa

1.5 Input Response Spectrum pada SAP 2000

Untuk menginput beban gempa menggunakan response spektrum pada program (SAP 2000) adalah sebagai berikut :

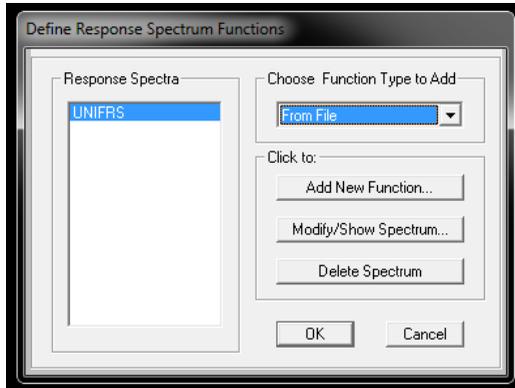
1. Pilih menu *Define > Functions > Response Spectrum*,



Gambar 1.14 Define response spectrum

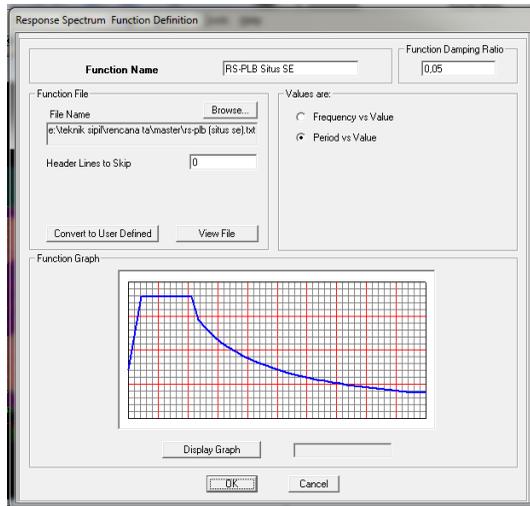
Sumber : SAP 2000 v14 (2014)

lalu akan muncul kotak dialog *Define Response Spectrum Functions*. Lakukan penyesuaian pada *Choose Function Type to Add* dengan memilih *From File*, kemudian klik *Add New Function*



Gambar 1.15 Choose function response spectrum
 Sumber : SAP 2000 v14 (2014)

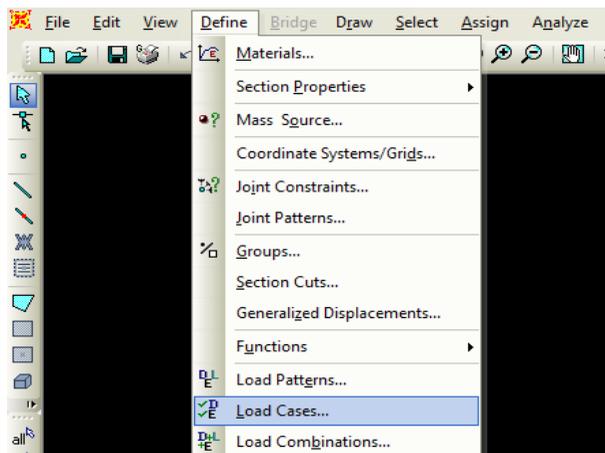
2. Kemudian lakukan penyesuaian pada kotak *Function Name*.



Gambar 1.16 Browse input file response spectrum
 Sumber : SAP 2000 v14 (2014)

Kita beri nama, lalu pada *Values Are* kita pilih *Period vs Value*. Pada *Function File* pilih *Browse* kemudian kita pilih file response spectrum yang telah kita buat dengan format “*txt*” lalu kita klik *Display Graph*, akhiri dengan klik OK dan klik OK sekali lagi untuk keluar dari kotak dialog.

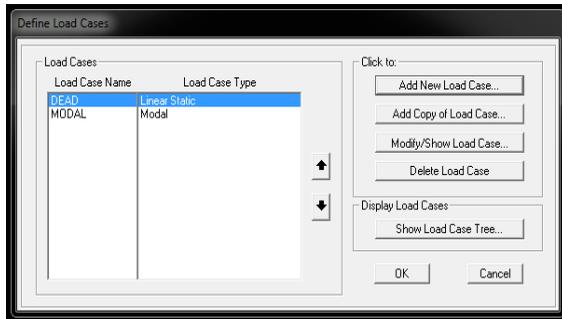
3. Agar beban gempa yang berupa response spectrum tersebut dapat bekerja sepenuhnya pada struktur, maka beban tersebut juga harus didefinisikan dari menu *Define>Load Case*,



Gambar 1.17 Define load case response spectrum

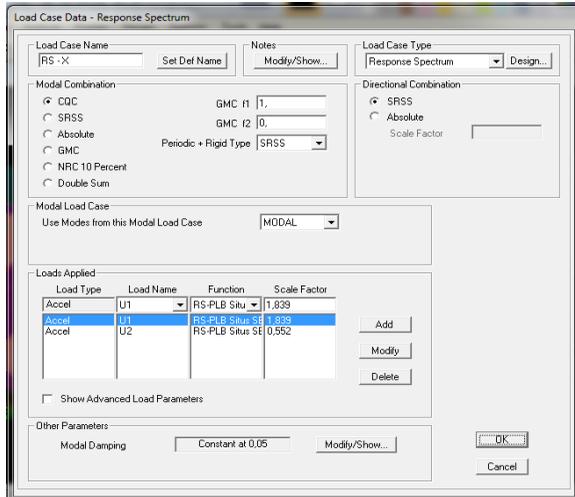
Sumber : SAP 2000 v14 (2014)

lalu akan muncul kotak dialog *Define Load Case*. pilih *Add New Load Case*, seperti gambar di bawah ini.



Gambar 1.18 Input load case response spectrum
 Sumber : SAP 2000 v14 (2014)

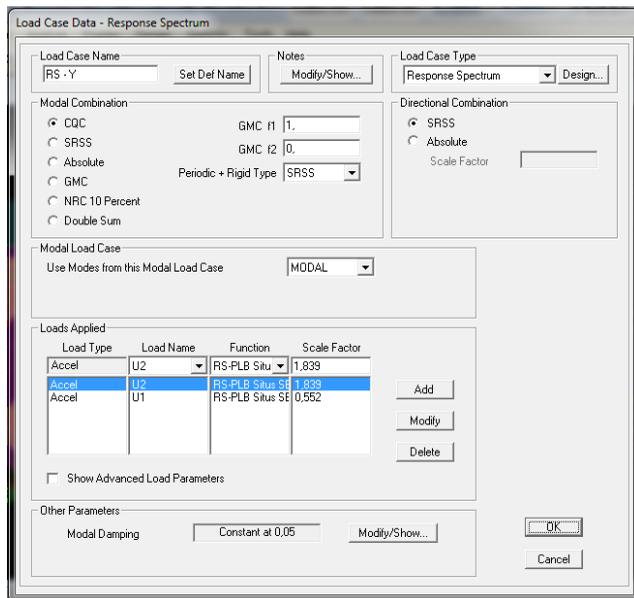
4. Kemudian muncul kotak dialog *Load Case Data* lakukan penyesuaian pada *Load Case Name* dengan memberi nama “RS-X” dan *Load Case Type*-nya adalah *Response Spectrum*.



Gambar 1.19 Input load case data response spectrum arah X
 Sumber : SAP 2000 v14 (2014)

Lalu pada *Load Applied*, lakukan penyesuaian penyesuaian *Load Type = Accel, Load Name = U₁ (Gempa pada arah X), Function = RS-Plb situs SE, Scala factor* = kita masukkan berdasarkan perhitungan skala faktor gempa arah X yang telah kita buat dengan asumsi gempa 100%, lalu kita ulangi langkah yang sama yaitu *Load Type = Accel, Load Name = U₂ (Gempa pada arah Y), Function = RS-Plb situs SE, Scala factor* = kita masukkan berdasarkan perhitungan skala faktor gempa yang telah kita buat dengan asumsi gempa 30%, kemudian klik *Add*. Kotak dialog *Define Load Case-nya* akan menjadi seperti diatas, Akhiri dengan klik *OK*.

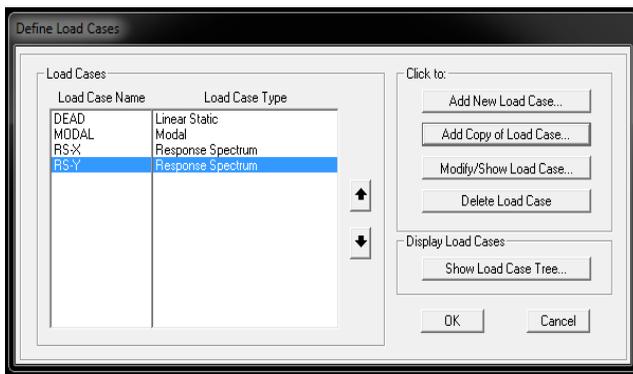
5. Kemudian kita ulangi langkah seperti di atas.



Gambar 1.20 Input load case data response spectrum arah Y
 Sumber : SAP 2000 v14 (2014)

pada *Load Applied*, lakukan penyesuaian penyesuaian *Load Type* = *Accel*, *Load Name* = U_2 (*Gempa pada arah Y*), *Function* = *RS-Plb situs SE*, *Scala factor* = kita masukkan berdasarkan perhitungan skala faktor gempa arah Y yang telah kita buat dengan asumsi gempa 100%, lalu kita ulangi langkah yang sama yaitu *Load Type* = *Accel*, *Load Name* = U_1 (*Gempa pada arah X*), *Function* = *RS-Plb situs SE*, *Scala factor* = kita masukkan berdasarkan perhitungan skala faktor gempa yang telah kita buat dengan asumsi gempa 30%, kemudian klik *Add*, akhiri dengan klik *OK*.

6. Kotak dialog *Define Load Case*-nya akan menjadi seperti dibawah ini, kemudian klik *OK*.



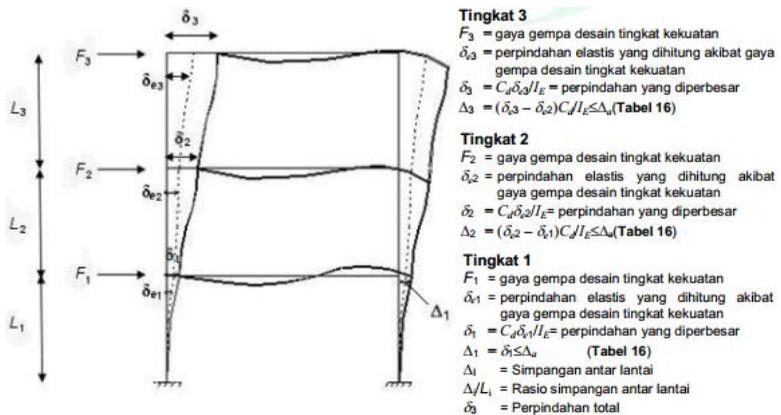
Gambar 1.21 Load case arah X dan Y

Sumber : SAP 2000 v14 (2014)

1.6 Kontrol Drift (Simpangan Antar Lantai)

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat

diatasnya. bagi struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C, D, E dan F yang memiliki ketidakberaturan horizontal Tipe 1a atau 1b berdasarkan SNI 1726:2012, simpangan antar lantai desain, Δ , harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik - titik di atas dan di bawah tingkat yang diperhatikan yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang salah satu bagian tepi struktur.



Gambar 1.22 Penentuan simpangan antar lantai

Sumber : SNI 1726:2012 gambar 5 (2012)

Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan 2.17 berikut :

$$\delta_x = \frac{cd \cdot \delta_{xe}}{I_e} \quad (1.17)$$

Dengan :

- C_d = Faktor amplifikasi defleksi dalam Tabel 1.18
- δ_{xe} = Defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastik
- I_e = Faktor keutamaan gempa

Tabel 1.18 Faktor R, C_d, Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons R^a	Faktor kuat lebih sistem Ω_o^g	Faktor pembesaran defleksi C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5/2	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	5/2	TB	TB	TI	TI	TI
2. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	4	TB	TI	TI	TI	TI

Sumber : SNI 1726:2012 tabel 9 (2012)

Batasan simpangan antar lantai tingkat. Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) seperti ditentukan dalam pasal 7.8.6, 7.9.7, atau 12.1 tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti didapatkan dari Tabel 1.19 untuk semua tingkat.

Tabel 1.19 Simpangan antar lantai ijin, Δ_a

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur , selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Sumber : SNI 1726:2012 tabel 16 (2012)

