

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Balok

Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser.

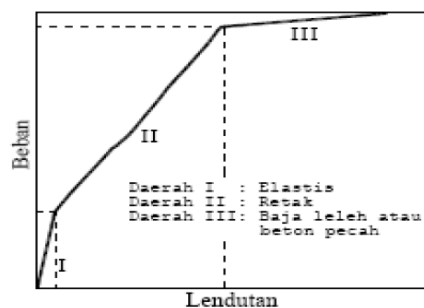
Menurut Prof Widodo dalam buku “Analisis Tegangan Regangan” beton memiliki sifat rangka yang terjadi pada beton yang dibebani secara tetap dalam jangka waktu yang lama. Oleh karena itu pada balok beton dikenal istilah *short-term (immediate) deflection* dan *long-term deflection* yang membuat lendutan

Lendutan adalah fungsi dari kekakuan yaitu perkalian antara modulus elastisitas beton  $E_c$  dengan inersia penampang  $I$ . lendutan itu harus dibatasi, karena berkaitan dengan kenyamanan dan seni dalam arsitektur. SNI beton 2013 dengan tegas menyebut dalam butir 9.5 terhadap Kontrol lendutan.

Balok beton bisa retak ketika menahan momen lentur. Sewaktu serat bawah tertarik (momen positif), beton sebenarnya bisa menahan tegangan tarik tersebut, tetapi tegangan tarik sangat kecil.

Perilaku keruntuhan yang dominan pada struktur balok pada umumnya adalah lentur, tentu saja itu akan terjadi jika rasio bentang ( $L$ ) dan tinggi balok ( $h$ ) cukup besar. Jika rasionya kecil maka digolongkan sebagai balok tinggi (*deep beam*) keruntuhan geser dominan.

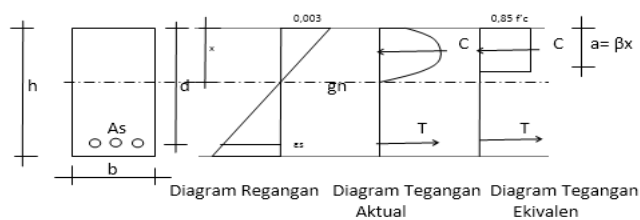
Apabila perilaku keruntuhan balok beton bertulang diatas dua tumpuan dapat digambarkan dalam bentuk kurva beban lendutan, maka bentuk kurva tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Keruntuhan Balok Beton Bertulang

Ada dua jenis keruntuhan balok beton bertulang yaitu:

### 1. Keruntuhan Lentur



Gambar 2. Tegangan Regangan Balok Beton Bertulang yang Menerima Momen Positif

Notasi:

- $\epsilon_s$  = Regangan pada baja
- $C$  = Resultan gaya tekan pada beton
- $T$  = Resultan gaya tarik pada tulangan
- $A_s$  = Luas tulangan tarik
- $a$  = Tinggi benda tegangan pada beton

Berdasarkan gambar 2 dan untuk memudahkan perhitungan maka dipakai diagram tegangan persegi ekuivalen maka

Resultan gaya tekan pada beton:

$$C = 0,85 f'c.b.a \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana: C = Resultan gaya tekan pada beton  
 $f'c$  = Kuat tekan beton  
 b = lebar muka tekan komponen struktur  
 a = Tinggi benda tegangan pada beton

Resultan gaya tarik pada tulangan:

$$T = A_s.f_y \text{ (tulangan dianggap leleh) } \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana: T = Resultan gaya tarik pada tulangan  
 $A_s$  = Luas tulangan tarik  
 $f_y$  = Kuat leleh tulangan baja

Ditinjau penampang balok beton bertulang dalam kondisi *under-reinforced*, keruntuhan lentur dimulai dari tulangan baja yang mengalami leleh. Pada kondisi tersebut, momen nominal yang menyebabkan keruntuhan lentur dengan persamaan:

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana:  $M_n$  = Momen nominal  
 $A_s$  = Luas tulangan Tarik  
 $f_y$  = Kuat leleh tulangan baja  
 d = Jarak dari serat tekan ke pusat tulangan Tarik  
 a = Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen

Dengan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana:     a       = Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen  
               As       = Luas tulangan Tarik  
               fy       = Kuat leleh tulangan baja  
               f'c       = Kuat tekan beton  
               b        = Lebar muka tekan komponen struktur

## 2. Keruntuhan Geser

Gaya geser pada balok sepenuhnya dipikul oleh beton, sedangkan gaya  
 Setelah terjadi retak geser lentur maka retak akan merambat sepanjang  
 tulangan lentur, keretakan ini akan melepaskan lekatan tulangan  
 memanjang dengan beton. Balok akan berperilaku seperti busur dua sendi,  
 yang kemudian diakhiri dengan hancurnya beton tekan. geser nominal  
 yang dapat disumbangkan beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana:     Vc       = Gaya Geser  
               f'c       = Kuat tekan beton  
               bw       = Lebar badan  
               d        = Jarak dari serat tekan ke pusat tulangan tekan

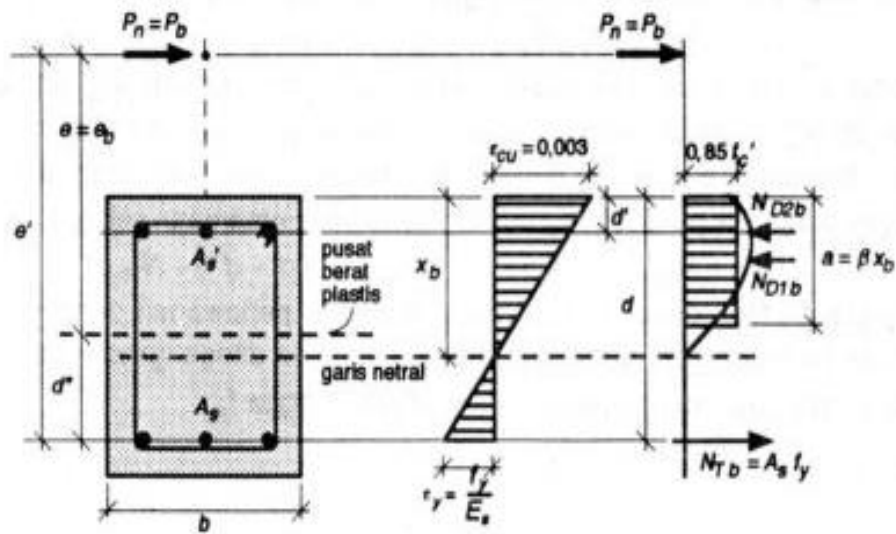
## B. Kolom

Berdasarkan SNI 2847 2013 Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi

Menurut SNI 2847-2013 ada empat ketentuan terkait perhitungan kolom:

1. Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Kombinasi pembebanan yang menghasilkan rasio maksimum dari momen terhadap beban aksial juga harus diperhitungkan.
2. Pada konstruksi rangka atau struktur menerus pengaruh dari adanya beban tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar atau dalam harus diperhitungkan. Demikian pula pengaruh dari beban eksentris.
3. Dalam menghitung momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjauh kolom dapat dianggap jepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu (*monolite*) dengan komponen struktur lainnya.
4. Momen-momen yang bekerja pada setiap level lantai atau atap harus didistribusikan pada kolom di atas dan di bawah lantai tersebut berdasarkan kekakuan *relative* kolom dengan juga memperhatikan kondisi kekekangan pada ujung kolom.

Asumsi perencanaan berdasarkan grafik berikut ini:



Gambar 3. Tegangan Regangan Kolom Beton Bertulang

Notasi:

- $P_n$  = Kekuatan aksial nominal penampang
- $b$  = Lebar muka tekan komponen struktur
- $d$  = Jarak dari serat tekan ke pusat tulangan tarik
- $d'$  = Jarak dari serat tekan ke pusat tulangan tekan
- $A_s'$  = Luas tulangan tekan
- $A_s$  = Luas tulangan tarik
- $f'_c$  = Kuat tekan beton
- $f_y$  = Kuat leleh tulangan baja
- $X_b$  = Jarak serat atas ke garis netral
- $a$  = Tinggi balok persegi ekuivalen

Berdasarkan gambar 3 dan untuk memudahkan perhitungan maka didapat asumsi sebagai berikut:

$$C1 = 0,85 f'c (Ag-Ast) \dots\dots\dots 2.6$$

$$C2 = fy.As \dots\dots\dots 2.7$$

$$C3 = fy.As' \dots\dots\dots 2.8$$

dimana:  $f'c$  = Kuat tekan beton

$Ag$  = Luas penampang beton

$Ast$  = Luas total tulangan longitudinal

$fy$  = Kuat leleh baja tulangan

$As$  = Luas tulangan tarik baja

$As'$  = Luas tulangan tekan baja

$C$  = Resultan gaya

$$\sum V = 0$$

$$P0 = C1+C2+C3$$

$$P0 = 0,85 f'c (Ag-Ast) + fy.Ast \dots\dots\dots 2.9$$

$$\phi Pn \text{ maks} = 0,85\phi[0,85 f'c (Ag-Ast) + fy.Ast] \text{ untuk tulangan spiral } \dots\dots\dots 2.10$$

$$\phi Pn \text{ maks} = 0,80\phi[0,85 f'c (Ag-Ast) + fy.Ast] \text{ untuk sengkang } \dots\dots\dots 2.11$$

dimana:  $Po$  = Kekuatan aksial nominal

$Pn$  = Kekuatan aksial nominal penampang

$C$  = Resultan gaya

$f'c$  = Kekuatan tekan beton

$Ag$  = Luas penampang beton

$Ast$  = Luas total tulangan longitudinal

$fy$  = Kekuatan leleh baja tulangan

Kekakuan pada kolom dapat direncanakan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$K = 12 \frac{EI}{H^3} \dots\dots\dots 2.12$$

dimana : K = Kekakuan  
 E = Modulus Elastisitas  
 I = Inersia  
 H = Tinggi

Adapun modulus elastisitas beton dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$4700 \sqrt{f'c} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana:  $f'c$  = Kuat Tekan Beton (MPa)

Dengan inersia penampang persegi dapat diambil dengan persamaan dibawah ini :

$$I = \frac{1}{12} b h^3 \dots\dots\dots 2.14$$

dimana : I = Inersia penampang  
 b = lebar penampang  
 h = Panjang penampang

### C. Pertemuan Sambungan Balok Kolom

Menurut Agus Setiawan hubungan pertemuan balok dan kolom pada perencanaan struktur perlu mendapat perhatian yang sebaik-baiknya. Karena pada pertemuan sambungan balok kolom tersebut memiliki konsentrasi



tegangan yang tinggi dari gaya gempa yang ada. Tulangan atas balok pada suatu sisi kolom mengalami tegangan tarik dan bersamaan dengan itu tulangan atas balok pada sisi yang lain mengalami tulangan tekan. Sedangkan tulangan bawah balok masing-masing mengalami tegangan yang sebaliknya.

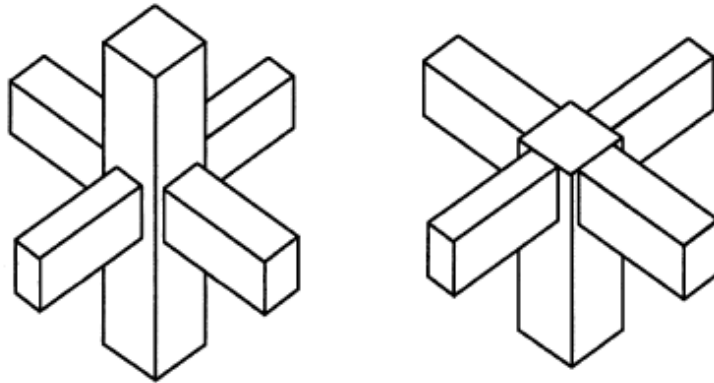
Dalam buku “*Reinforced Concrete Structure*” oleh R.Park dan T. Pauly tahun 1983 memberikan syarat-syarat penting bagi pertemuan balok dan kolom pada struktur beton bertulang antara lain:

1. Harus menunjukkan kualitas penampilan dari balok atau kolomnya
2. Mempunyai kekuatan yang minimal sama dengan kombinasi pembebanan paling berbahaya.
3. Kekuatannya tidak boleh mempengaruhi kekuatan struktur misalnya karena terjadinya degradasi kekuatan.
4. Mudah pelaksanaannya, baik pada pekerjaan pengecoran maupun pada saat pematatannya.

Dengan memberikan perhatian yang sebaik-baiknya pada pertemuan balok dan kolom akan mencegah terbentuknya sendi plastis dan terjadinya kehancuran pada daerah pertemuan tersebut.

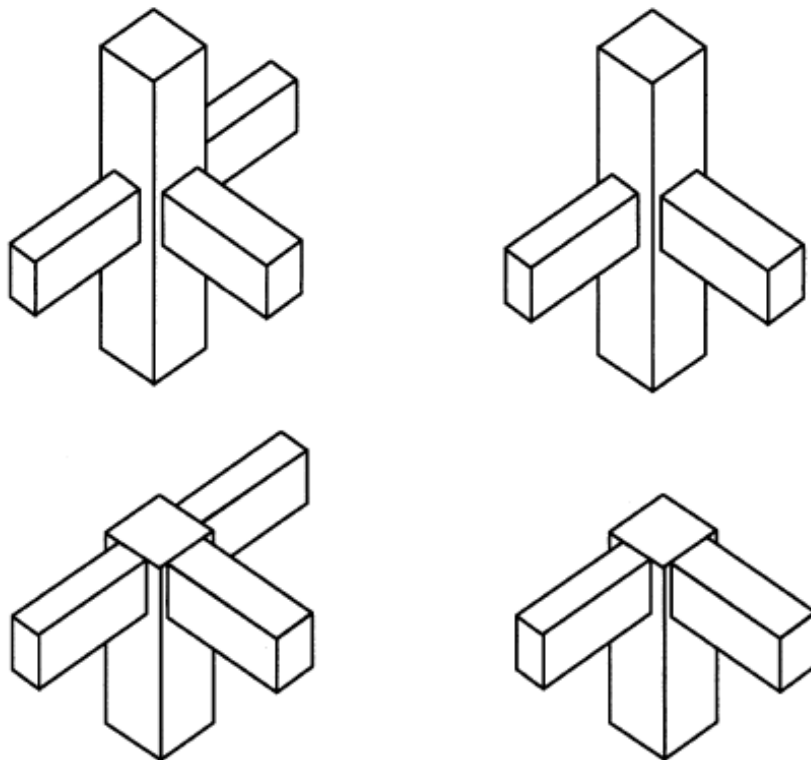
Gambaran geometris dari beberapa bentuk pertemuan balok dan kolom baik interior maupun ekterior dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5 sebagai berikut:

## 1. Interior



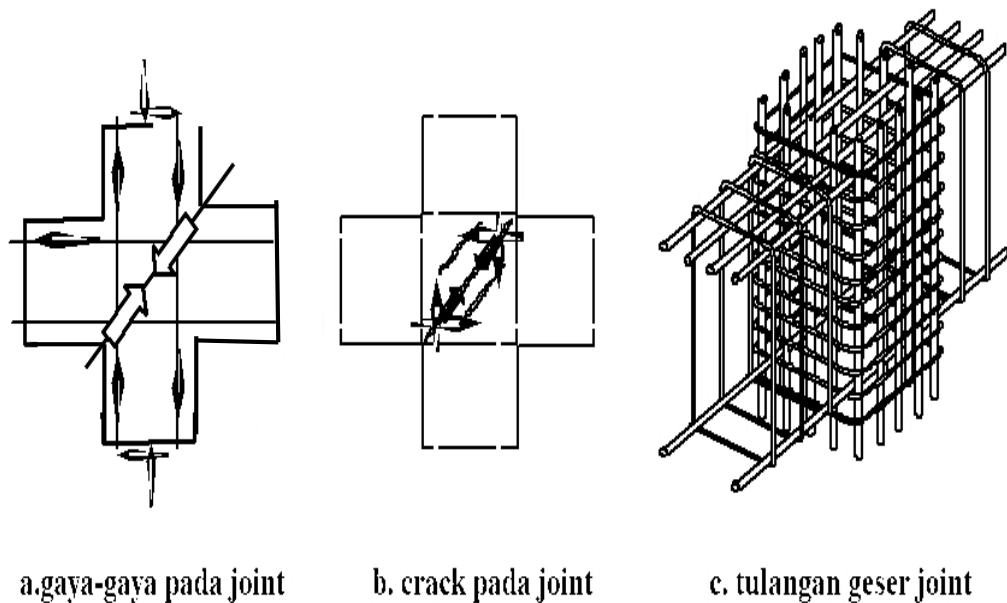
Gambar 4. Geometris Sambungan Balok Kolom Interior

## 2. Eksterior



Gambar 5. Geometris Sambungan Balok Kolom Eksterior

Menurut Ratna Widyawati (2009) Retak awal (*first crack*) hubungan balok kolom terjadi pada saat beton telah melampaui regangan tarik maksimumnya akibat pembebanan. Setelah terjadi retak awal, maka kuat tarik beton maupun kuat geser beton akan bernilai nol, sehingga tulangan longitudinal maupun tulangan sengkang akan mengambil alih tugas beton untuk menahan gaya tarik maupun gaya gesernya.



Gambar 6. Pola Retak Hubungan Balok Kolom

Berdasarkan ilustrasi gambar 6 diatas Edy Purwanto (2013) menjelaskan pola retak awal untuk benda uji hubungan balok kolom beton dimulai dengan retak rambut pada joint, kemudian retak geser mulai menyerang joint. Kerusakan cenderung terjadi pada joint sehingga terjadi kegagalan struktur pada joint itu sendiri. Oleh sebab itu perlu adanya pengekangan yang sesuai pada daerah joint hubungan tersebut.

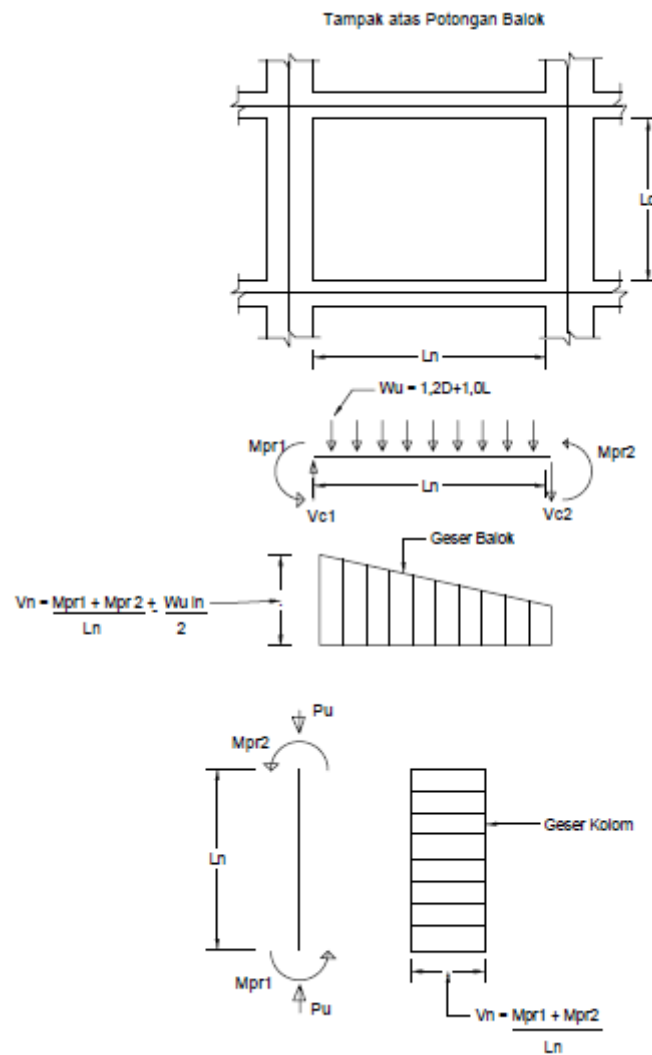
#### **D. Peraturan Perencanaan Pertemuan Sambungan Balok Kolom**

Karena perencanaan pertemuan sambungan balok kolom merupakan hal yang sangat serius diperhatikan maka perkembangan peraturan khususnya di Indonesia semakin berkembang, tercatat peraturan awal dari peraturan perencanaan sambungan balok kolom diawali dari konsep PBI 1971 namun masih berupa pernyataan biasa. Mulai dari peraturan tahun PBI 1983, PBI 1988, peraturan SNI 2847:2002 sampai yang terakhir peraturan SNI 2847:2013 sudah merujuk pada evaluasi-evaluasi perencanaan. Adapun peraturan perencanaan pertemuan sambungan balok kolom pada penelitian ini sebagai berikut:

##### **1. Pedoman Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI**

###### **2847:2013**

Sambungan balok kolom merupakan hubungan antara pertemuan struktur balok dengan struktur kolom. Berdasarkan SNI 2847:2013 menjelaskan suatu balok yang merangka pada suatu hubungan balok kolom dianggap memberikan kekekangan bila setidaknya tiga per empat bidang muka hubungan balok kolom tersebut tertutupi oleh balok yang merangka tersebut. Hubungan balok kolom dikatakan terkekang bila ada empat balok yang merangka pada keempat sisi hubungan balok kolom tersebut. Adapun hubungan pertemuan ini mempengaruhi dari gaya geser yang akan ditimbulkan baik gaya geser dari struktur balok maupun gaya geser dari setruktur kolom.

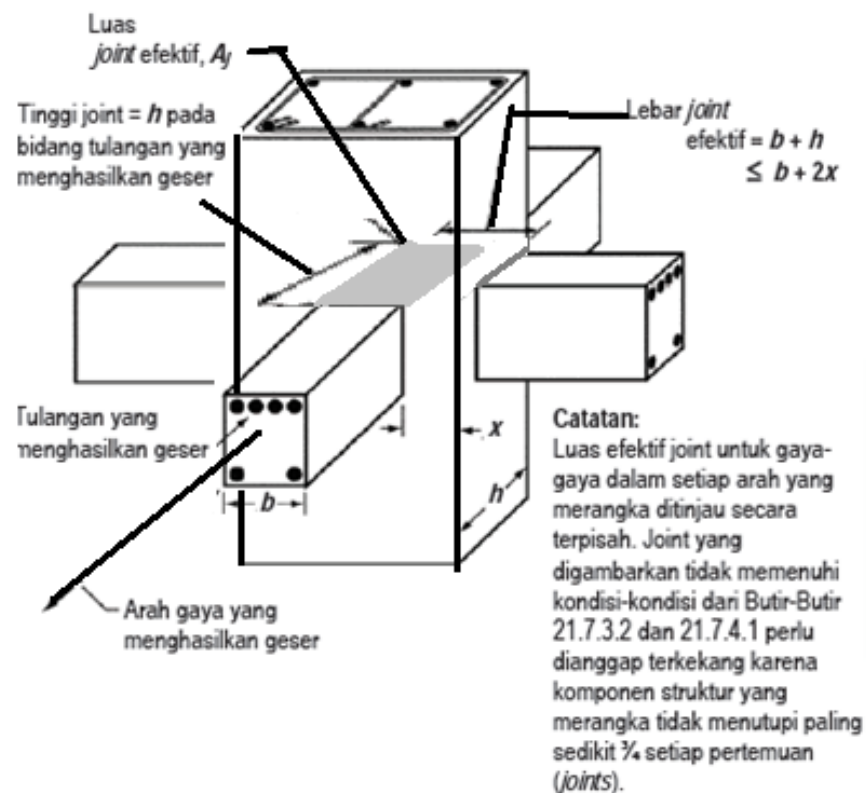


Gambar 7. Geser Desain untuk Balok dan Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 memberikan suatu penyelasan bahwa gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antar muka *joint*. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin,  $M_{pr}$ , bekerja pada muka-muka *joint* dan bahwa komponen struktur dibebanin dengan beban gravitasi terfaktor sepanjang batangnya.

Catatan yang perlu diperhatikan terhadap gambar 7 diatas:

- Arah gaya geser  $V_e$ , tergantung pada besaran relatif beban gravitasi dan geser yang dihasilkan oleh momen-momen ujung
- Momen-momen ujung  $M_{pr}$ , berdasarkan pada tegangan tarik baja sebesar  $1,25 f_y$ .
- Momen ujung kolom tidak perlu lebih besar dari momen ujung balok yang merangka kedalam *joint* balok kolom.
- Harus memenuhi persyaratan dimana momen nominal kolom harus lebih besar dari 1,2 kali momen nominal balok



Gambar 8. Ilustrasi Sambungan Balok Kolom SNI 2847:2013

Gaya geser terfaktor yang bekerja pada hubungan balok-kolom,  $V_u$ , dihitung sebagai berikut:

a. Untuk joint interior

$$V_u = 1,25 (A_s + A_s') f_y - V_{kol} \dots\dots\dots 2.15$$

b. Untuk joint eksterior (ambil nilai terbesar dari)

$$V_u = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y - V_{kol} \dots\dots\dots 2.16$$

$$V_u = 1,25 \cdot A_s' \cdot f_y - V_{kol} \dots\dots\dots 2.17$$

dengan

$f_y$  = Tegangan leleh baja tulangan

$A_s$  = Luasan tulangan tarik balok

$A_s'$  = Luasan tulangan tekan balok

$V_u$  = Gaya geser terfaktor

$V_{kol}$  = Gaya geser pada kolom di sisi atas dan bawah hubungan balok kolom

Gaya geser pada kolom,  $V_{kolom}$ , dapat dihitung berdasarkan nilai  $M_{pr-}$  dan  $M_{pr+}$  dibagi dengan setengah tinggi kolom atas ( $h_1$ ) ditambah setengah tinggi kolom bawah ( $h_2$ ). Jika dituliskan dalam bentuk persamaan adalah:

$$V_{kol} = \frac{M_{pr^+} + M_{pr^-}}{\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}} \dots\dots\dots 2.18$$

dimana:  $V_{kol}$  = Gaya geser kolom

$M_{pr^+}$  = Kekuatan lentur komponen struktur balok dengan perencanaan tulangan tarik

$M_{pr^-}$  = Kekuatan lentur komponen struktur balok dengan perencanaan tulangan tekan

$h_1, h_2$  = Tinggi kolom

Menghitung Tegangan Geser Nominal dalam *joint*

$$v_n = \frac{V_u}{b_j \cdot h_c} \dots\dots\dots 2.19$$

- dengan:
- $v_n$  = Tegangan geser nominal *joint*
  - $V_u$  = Gaya geser terfaktor
  - $b_j$  = Lebar efektif hubungan balok kolom
  - $h_c$  = Tinggi efektif kolom pada hubungan balok kolom

seperti yang tertera pada gambar 8 lebar efektif kolom diambil nilai terkecil dari persamaan berikut ini:

- a. Lebar balok ditambah tinggi *joint*

$$b_j = b + h_j \dots\dots\dots 2.20$$

- b. Dua kali jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom

$$b_j = \leq b + 2x \dots\dots\dots 2.21$$

- dengan:
- $b_j$  = Lebar efektif hubungan balok kolom
  - $h_j$  = Tinggi *joint*
  - $b$  = Lebar Balok
  - $x$  = selisih antara sisi terluar balok ke sisi terluar kolom

Nilai gaya geser  $V_n$  tidak boleh lebih besar dari persyaratan berikut ini:

- a. Untuk hubungan balok kolom yang terkekang pada keempat sisinya maka

$$1,7 \sqrt{f'c} A_j \text{ (Mpa)} \dots\dots\dots 2.22$$



- b. Untuk hubungan yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan maka

$$1,25 \sqrt{f'c} A_j \text{ (Mpa)} \dots\dots\dots 2.23$$

- c. Untuk hubungan lainnya maka

$$1 \sqrt{f'c} A_j \text{ (Mpa)} \dots\dots\dots 2.24$$

dengan:  $f'c$  = Kuat tekan Beton

$A_j$  = Luas penampang efektif

Syarat tegangan geser maksimum harus memenuhi persyaratan berikut

$$\phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots 2.25$$

Dimana:  $\phi$  = Faktor reduksi

$v_n$  = Tegangan geser nominal

$v_u$  = Tegangan geser *ultimate*

Menghitung tegangan geser yang dipikul oleh beton ( $v_c$ )

$$v_c = \frac{2}{3} \sqrt{\left[ \left( \frac{N_{n,k}}{A_g} \right) - 0,1 f'c \right]} \dots\dots\dots 2.26$$

dengan:  $v_c$  = Tegangan geser yang dipikul beton

$N_{n,k}$  = Gaya aksial kolom

$A_g$  = Luas Penampang kolom

$f'c$  = kuat tekan beton

Tulangan transversal pada hubungan balok-kolom diperlukan untuk memberikan kekangan yang cukup pada beton, sehingga mampu menunjukkan perilaku yang daktail dan tetap dapat memikul beban vertikal akibat gravitasi meskipun telah terjadi pengelupasan pada selimut betonnya.

Merencanakan penulangan geser :

- a. Bila  $V_n \leq V_c$  digunakan tulangan geser minimum
- b. Bila  $V_n > V_c$  perlu tulangan geser

Luas total tulangan transversal tertutup persegi tidak boleh kurang daripada

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s bc f'c}{f_{yt}} \dots\dots\dots 2.27$$

$$A_{sh} = 0,3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{s bc f'c}{f_y} \dots\dots\dots 2.28$$

Dengan:

$A_{sh}$  = luas tulangan transversal yang disyaratkan

$bc$  = lebar inti kolom yang diukur dari as tulangan longitudinal kolom

$A_g$  = luas penampang kolom

$A_{ch}$  = luas inti penampang kolom

$f'c$  = Kuat tekan beton

$f_y$  = kuat leleh tulangan baja

$s$  = jarak antar tulangan transversal

Sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.4.(2) disyaratkan bahwa tulangan transversal diletakkan dengan spasi tidak lebih dari: (1) 0,25 kali dimensi terkecil struktur,; (2) 6 kali diameter tulangan longitudinal, (3) sesuai persamaan

$$S_x = 100 + \frac{350-hx}{3} \dots\dots\dots 2.29$$

dengan  $hx$  dapat diambil sebesar 1/3 kali dimensi inti kolom,

Disyaratkan bahwa nilai  $s_x$  tidak lebih besar dari 150 mm dan

tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Panjang penyaluran batang tulangan pada beton normal tidak boleh kurang dari 8 db, 150 mm dan panjang dapat didekati dengan persamaan:

$$L_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f'_c}} \dots\dots\dots 2.30$$

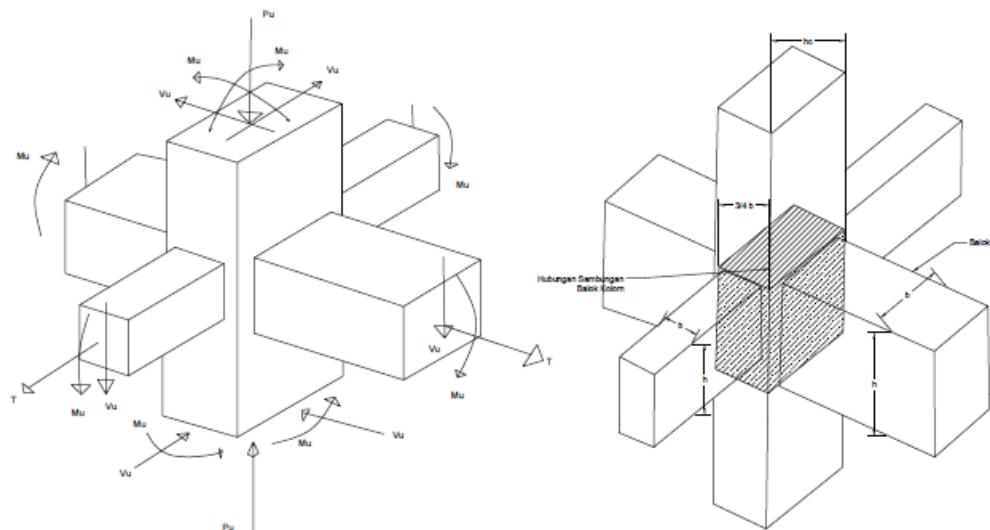
dimana:  $L_{dh}$  = Panjang Penyaluran

$f_y$  = Tegangan leleh baja tulangan

$d_b$  = diameter tulangan

$f'_c$  = Kuat tekan beton

## 2. Pedoman *American Concret Institute 352-2002 (ACI352-2002)*



Gambar 9. Ilustrasi Sambungan Balok Kolom ACI 352-2002

Perencanaan pertemuan balok kolom telah disimpulkan oleh komite 318 dari ACI – ASCE dalam *Joint and Connection in Monolithic Reinforced Concrete Structure*. Laporan tersebut terdapat 2 tipe pertemuan sambungan balok kolom

- a. Type 1 = untuk pembebanan statis dimana kekuatan menjadi kriteria utama dan tidak diharapkan terjadinya *deformasi*
- b. Type 2 = untuk pembebanan gempa atau ledakan, dimana dibutuhkan kekuatan yang dipertahankan melalui tegangan bertukar kedalam daerah inelastis.

Didalam laporan tersebut membedakan hubungan sambungan balok kolom yakni:

- a. Pertama = pertemuan sambungan balok kolom dengan kolom yang menerus
- b. Kedua = pertemuan sambungan balok kolom dengan satu tumpuan kolom

Umumnya pertemuan tipe satu hanya membutuhkan daktilitas nominal saja, tetapi tipe 2 membutuhkan daktilitas yang berarti seperti yang diisyaratkan peraturan gempa. Adapun perencanaanya sebagai berikut:

Menghitung gaya geser horizontal yang melalui *joint*

- a. Untuk *joint* sebelah dalam (*Interior*)

$$V_u = T_1 + T_2 - V_u (\text{kolom}) \dots\dots\dots 2.31$$

$$V_u = f_y A_s + f_y A_s' - V_u (\text{kolom}) \dots\dots\dots 2.32$$

dengan: T = Resultan gaya tarik

V<sub>u</sub> = Gaya geser

f<sub>y</sub> = Kuat leleh tulangan baja

A<sub>s</sub> = Luas tulangan tarik

A<sub>s</sub>' = Luas tulangan tekan

b. Untuk *joint* sebelah luar (*Eksterior*) (Ambil nilai terbesar)

$$Vu = fy As - Vu(kolom) \dots\dots\dots 2.33$$

$$Vu = fy As' - Vu(kolom) \dots\dots\dots 2.34$$

dengan:  $Vu$  = Gaya geser

$fy$  = Kuat leleh tulangan baja

$As$  = Luas tulangan tarik

$As'$  = Luas tulangan tekan

Catatan :

a. *Joint* tipe 1  $fy = fy \dots\dots\dots 2.35$

b. *Joint* tipe 2  $fy = 1,25 fy \dots\dots\dots 2.36$

$$Vu \text{ kolom} = \frac{Mu \text{ (Balok)}}{\left(\frac{h1c}{2} + \frac{h2c}{2}\right)} \dots\dots\dots 2.37$$

$$Vu \text{ kolom} = \frac{0,9 Mn \text{ (balok)}}{\left(\frac{h1c}{2} + \frac{h2c}{2}\right)} \dots\dots\dots 2.38$$

dimana:  $fy$  = Kekuatan leleh tulangan baja

$Mu$  = Momen ultimate

$Asb$  = Momen nominal

$hc$  = Tinggi kolom

Sedangkan tegangan geser nominal dihitung berdasarkan persamaan

berikut:

$$vn = \frac{Vu}{bj hc} \dots\dots\dots 2.39$$

dimana:  $vn$  = Tegangan geser nominal

$Vu$  = Gaya geser

$bj$  = Lebar efektif sambungan balok kolom

$hc$  = Tinggi efektif

Gaya geser  $V_n$  tidak lebih dari persamaan berikut

$$V_n = 0,0083\gamma\sqrt{f'_c} b_j h_c \dots\dots\dots 2.40$$

- dimana:
- $V_n$  = Gaya geser nominal yang melalui *joint*
  - $\gamma$  = koefisien hubungan banlok kolom yang tertera pada tabel 1.
  - $f'_c$  = kuat tekan beton
  - $b_j$  = lebar efektif
  - $h_c$  = lebar kolom

Tabel. 1 Nilai Koefisien  $\gamma$  untuk Hubungan Sambungan Balok Kolom

klasifikasi	Tipe Hubungan	
	1	2
<b>A. Sambungan dengan kolom menerus</b>		
A.1. Sambungan dengan terkekang keempat sisinya	24	20
A.2. Sambungan dengan terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan	20	15
A.3. Sambungan lainnya	15	12
<b>B. Sambungan dengan satu tumpuan kolom</b>		
A.1. Sambungan dengan terkekang keempat sisinya	20	15
A.2. Sambungan dengan terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan	15	12
A.3. Sambungan lainnya	12	8

Sumber:ACI 352 R-02

Lebar efektif dihitung berdasarkan nilai terbesar dari tiga persyaratan berikut:

$$\frac{bb+bc}{2} \dots\dots\dots 2.41$$

$$bb + \frac{bc}{2} \dots\dots\dots 2.42$$

bc

dimana: bb = lebar penampang balok

bc = Lebar penampang kolom

Syarat tegangan geser maksimum harus memenuhi persyaratan berikut

$$\phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots 2.43$$

Dimana:  $\phi$  = Faktor reduksi

$v_n$  = Tegangan geser nominal

$v_u$  = Tegangan geser *ultimate*

Menghitung tegangan geser yang mampu dipikul beton harus memenuhi persamaan berikut ini:

$$V_c = 0,17 \beta \gamma \sqrt{f'c \left(1 + \frac{Nu}{14 Ag}\right)} \dots\dots\dots 2.44$$

dimana:  $\beta$  = Koefisien  $\beta = 1,4$  (untuk pertemuan tipe 1)

$\beta = 1$  (untuk pertemuan tipe 2)

$\gamma$  = Koefisien  $\gamma = 1,4$  (kolom menerus)

$\gamma = 1$  (kolom satu sisi)

$f'c$  = Kuat tekan beton

$N_u$  = Gaya aksial kolom

$A_g$  = Luas penampang kolom

Perhitungan tulangan geser dirumuskan sebagai berikut:

a. Bila  $V_n \leq V_c$  digunakan tulangan geser minimum

b. Bila  $V_n > V_c$  perlu tulangan geser

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s bc f'c}{f_{yt}} \dots\dots\dots 2.45$$

$$A_{sh} = 0,3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{s bc f'c}{f_y} \dots\dots\dots 2.46$$

dengan:  $A_{sh}$  = Luas tulangan transversal yang diisyaratkan

$S$  = Jarak antar tulangan transversal

$bc$  = Lebar Inti Kolom

$A_g$  = Luas Penampang Kolom

$f'c$  = Kuat tekan beton

$A_{ch}$  = Luas inti penampang kolom

$f_y$  = Kuat leleh tulangan baja

Panjang penyaluran batang tulangan pada beton normal tidak boleh kurang dari 8 db, 150 mm dan panjang dapat didekati dengan persamaan:

$$L_{dh} = \frac{f_y db}{4,2 \sqrt{f'c}} \dots\dots\dots 2.47$$

dimana:  $L_{dh}$  = Panjang Penyaluran

$f_y$  = Tegangan leleh baja tulangan

$db$  = diameter tulangan

$f'c$  = Kuat tekan beton



## E. Pembebanan

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia, Pembebanan berarti proses, cara, perbuatan membebani atau membebankan. Dalam hal ini yaitu suatu proses atau cara membebankan suatu elemen struktur terhadap tinjauan tertentu. Tinjauan pembebanan dapat dibedakan menjadi:

### 1. Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 Beban mati adalah seluruh beban konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan. Dalam hal ini dapat berupa:

#### a. Beban mati akibat berat sendiri

Beban mati didefinisikan sebagai beban yang ditimbulkan oleh elemen-elemen struktur bangunan; balok, kolom, dan pelat lantai. Beban ini akan dihitung secara otomatis oleh program SAP 2000.

#### b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan didefinisikan sebagai beban mati yang diakibatkan oleh berat dari elemen-elemen tambahan atau finishing yang bersifat permanen.

Tabel 2. Besarnya Beban Mati

<b>Beban Mati</b>	<b>Besar Beban</b>
Beton Bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup> (23,544 KN/m <sup>3</sup> )
Dinding dan Plesteran	
Tebal 15 cm	300 kg/m <sup>2</sup> (2,943 KN/m <sup>2</sup> )
Tebal 10 cm	200 kg/m <sup>2</sup> (1,962 KN/m <sup>2</sup> )
Langit-Langit + Penggantung	18 kg/m <sup>2</sup> (0,176 KN/m <sup>2</sup> )
Lantai keramik	24 kg/m <sup>2</sup> (0,235 KN/m <sup>2</sup> )
Spesi Per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup> (0,206 KN/m <sup>2</sup> )
Mekanikal dan Elektrikal	25 kg/m <sup>2</sup> (0,245KN/m <sup>2</sup> )

Sumber : SNI 1727:1989 (d disesuaikan)

## 2. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 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 3. Besarnya Beban Hidup

<b>Hunian atau Penggunaan</b>	<b>Merata Psf (KN/m<sup>2</sup>)</b>
Apartement dan Hotel	
Ruang Pribadi	40 (1,92)
Ruang Publik & Koridor	100 (4,79)
Sistem Lantai Akses	
Ruang Kantor	50 (2,4)
Ruang Komputer	100 (4,79)
Gudang Persenjataan dan Ruang Latihan	150 (7,18)

Ruang Pertemuan	
Kursi tetap	100 (4,79)
Lobi	100 (4,79)
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)
Panggung pertemuan	100 (4,79)
Lantai Podium	150 (7,18)
Balkon dan Dek	100 (4,79)
Ruang Makan dan Restoran	100 (4,79)
Garasi/Parkir	Min 40 (1,92)
Tempat Rekreasi	
Tempat bowling, kolam	75 (3,59)
Ruang Dansa	100 (4,79)
Gimnasium	100 (4,79)
Atap	
Atap datar, berbubung	20 (0,96)
Atap untuk Taman	100 (4,79)
Gudang	
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)
Gudang Berat	250 (11,97)
Gudang Ringan	125 (6,00)

Sumber SNI 1727:2013

### 3. Beban Angin

Beban angin merupakan beban yang diakibatkan oleh faktor lingkungan yaitu faktor angin itu sendiri. Adapun parameter dalam perencanaan beban angin adalah: kecepatan angin, faktor arah angin, kategori eksopur, faktor topografi, faktor efek tiupan, klasifikasi tertutupan, koefisien tekanan internal.

Adapun langkah-langkah perencanaan perhitungan beban angin sebagai berdasarkan SNI 1727:2013 dengan metode berikut:

1. Menentukan Kecepatan Angin Dasar,  $V$

Kecepatan angin dasar harus ditentukan oleh instansi yang berwenang, namun dalam perencanaan kecepatan angin harus di rencanakan minimal sebesar 110 mph (49,1744 m/s)

2. Menentukan Parameter Beban Angin Kategori Eksopur

Eksposur B: Untuk bangunan gedung dengan tinggi atap 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 1.500ft (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 2.600ft (792 m) atau 20kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.

Eksposur C: Eksposur C berlaku untuk semua kasus di mana Eksposur B atau D tidak berlaku.

Eksposur D: Eksposur D berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh kekasaran permukaan , berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5.000ft (1.524m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar. Eksposur D juga berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah lawan angin dari situs B atau C,

dan situs yang berada dalam jarak 600ft (183m) atau 20kali tinggi bangunan, mana yang terbesar, dari kondisi Eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya.

Untuk situs yang terletak di zona transisi antara katagori exposure, harus menggunakan hasil katagori di gaya angin terbesar.

Pengecualian: Eksposur menengah antara kategori sebelumnya diperbolehkan di zona transisi asalkan itu ditentukan oleh metode analisis rasional yang dijelaskan dalam *literature*.

3. Masuk ke tabel 4 untuk menentukan tekanan neto dinding
  - a. Dari tabel untuk setiap Eksposur (B,C,D) V, L/B dan h, tentukan  $P_n$  (angka atas) dan  $P_o$  (angka bawah) tekanan dinding angin horizontal.
  - b. Distribusi tekanan dinding neto tertabulasi antara muka dinding di sisi angin datang dan di sisi angin pergi harus berdasarkan distribusi linier dari tekanan neto total dengan tinggi bangunan gedung dan tekanan dinding eksternal di sisi angin pergi dianggap terdistribusi merata sepanjang permukaan dinding di sisi angin pergi yang bekerja kearah luar pada 38% dari  $P_h$  untuk  $1,0 \leq L/B \leq 2,0$  dan 27% dari  $P_h$  untuk  $2,0 \leq L/B \leq 5,0$ . Tekanan dinding di sisi angin datang dan di sisi angin pergi tanpa memperhitungkan efek dari tekanan eksternal.
4. Terapkan distrbusi beban angin pada elemen struktur.

Tabel 4. Besarnya Beban Angin (Dinding) Eksopoure B

V(mph)	110			115			120			130			140			160			180			200		
H(ft). L/B	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2
180	39,1	37,7	34,1	42,1	41,7	37,8	46,4	45,0	41,7	55,9	55,1	50,2	66,3	65,4	50,7	81,0	80,4	81,8	120,9	119,2	108,5	156,2	152,4	140,0
	25,6	25,4	21,0	29,9	29,1	29,9	31,2	30,9	25,7	37,5	37,1	30,9	44,6	44,0	36,9	61,2	60,1	50,4	81,8	79,6	66,9	105,2	102,6	86,2
160	36,9	36,6	33,0	40,7	40,4	36,5	44,9	44,4	40,0	59,9	53,3	49,5	63,9	63,1	57,6	87,5	86,1	78,9	116,1	113,8	104,5	149,9	146,5	194,7
	25,1	24,9	20,6	27,7	27,5	22,8	30,5	30,2	25,2	36,7	36,2	30,3	43,5	43,0	36,0	50,6	58,6	49,3	79,0	77,4	68,3	102,0	99,7	84,2
140	35,8	35,4	31,0	30,9	30,1	35,3	43,3	42,9	39,9	51,0	51,4	46,7	61,5	60,9	55,5	84,0	82,8	75,0	111,2	100,2	100,4	143,5	140,5	120,9
	24,5	24,4	20,2	27,1	25,9	22,4	29,8	29,6	24,6	35,7	35,4	29,6	42,4	41,9	35,2	57,9	57,0	48,1	76,6	75,2	63,7	98,8	96,7	82,0
130	34,4	34,2	30,8	37,9	37,7	34,0	41,7	41,4	37,4	49,9	40,5	44,9	50,1	58,5	53,3	80,5	70,5	72,8	106,3	104,6	96,2	136,9	134,3	123,9
	24,0	23,9	10,9	26,5	26,9	21,9	29,1	28,9	24,1	34,8	34,5	28,0	41,2	40,8	34,8	56,2	55,4	46,9	74,2	73,0	62,0	95,5	93,7	70,9
120	33,1	33,0	29,6	36,5	36,3	32,7	40,1	39,9	35,9	47,9	47,6	49,1	56,6	56,2	51,0	76,9	76,1	69,6	101,3	99,9	91,8	100,2	129,0	118,0
	23,4	23,3	19,4	25,9	25,7	21,4	28,4	28,2	23,6	33,9	33,7	28,3	40,1	39,7	33,5	54,4	53,8	45,6	71,7	70,7	60,2	92,2	90,6	77,4
110	31,8	31,7	28,4	35,1	34,9	31,3	38,5	38,3	34,4	45,9	45,6	41,2	54,1	53,8	48,8	73,3	72,6	66,3	96,3	95,1	87,4	123,5	121,6	112,1
	22,9	22,8	19,0	25,2	25,1	20,9	27,7	27,5	23,0	33,0	32,8	27,6	38,9	38,7	32,6	52,7	52,2	44,4	69,2	68,4	58,4	88,8	87,4	75,0
100	30,5	30,4	27,1	33,6	33,5	29,9	36,8	36,7	32,9	43,8	43,6	39,3	51,5	51,3	46,4	80,6	69,1	62,9	91,2	90,3	82,8	116,6	115,1	106,0
	22,3	22,3	18,5	24,6	24,5	20,4	26,9	26,8	22,5	32,1	31,9	26,8	37,8	37,6	31,7	50,9	50,5	43,0	66,7	66,0	56,6	85,3	84,2	72,5
90	29,2	29,1	25,9	32,1	32,0	28,5	35,1	35,0	31,2	64,7	41,6	37,3	49,1	48,8	44,0	65,9	65,5	59,5	86,0	85,3	78,0	109,6	108,5	99,8
	21,8	21,7	18,1	23,9	23,9	19,9	25,2	26,1	21,9	31,1	31,0	26,1	36,6	36,4	30,8	49,2	48,9	41,7	64,2	63,6	54,6	81,8	80,9	69,9
80	27,8	27,7	24,5	30,5	30,5	27,0	33,4	33,3	29,6	39,6	39,5	35,2	46,4	46,3	41,5	62,2	61,9	55,9	80,8	80,3	73,1	102,6	101,7	93,3
	21,2	21,2	17,7	23,3	23,2	19,4	25,5	25,4	21,3	30,2	30,1	25,4	35,4	35,3	29,9	47,4	47,2	40,3	61,6	61,2	52,6	78,3	77,6	67,2
70	26,3	26,3	23,1	28,9	28,8	25,4	31,6	31,5	27,9	37,4	37,3	33,1	43,7	43,6	38,9	58,3	58,1	52,2	75,5	75,1	68,1	95,5	94,9	86,6
	20,6	20,6	17,2	22,6	22,6	18,9	24,7	24,7	20,7	29,3	29,2	24,6	34,2	34,2	28,9	45,6	45,5	38,8	59,1	58,8	50,8	74,7	74,3	64,3
60	24,8	24,8	21,7	27,2	27,1	23,8	29,7	29,6	26,1	35,1	35,0	30,9	41,0	40,9	36,2	54,4	54,2	48,4	70,1	69,8	62,8	88,2	87,9	79,6
	20,0	20,0	16,7	21,9	21,9	18,4	23,9	23,9	20,1	28,3	28,2	23,6	33,0	33,0	27,9	43,9	43,8	37,3	56,5	56,3	48,5	71,2	70,9	61,4
50	23,1	23,1	20,2	25,3	25,3	22,1	27,6	27,6	24,2	32,6	32,6	28,6	38,0	38,0	33,4	50,3	50,2	44,5	64,5	64,4	57,4	80,9	80,7	72,5
	19,3	19,3	16,3	21,2	21,2	17,8	23,1	23,1	19,5	27,3	27,3	23,0	31,8	31,8	26,9	42,0	42,0	35,8	54,0	53,8	46,3	67,6	67,5	58,6
40	21,5	21,5	18,6	23,5	23,5	20,4	25,6	25,6	22,3	30,2	30,2	26,3	35,1	35,1	30,7	46,3	46,2	40,7	59,2	59,1	52,3	73,9	73,8	65,7
	18,8	18,7	15,8	20,5	20,5	17,4	22,4	22,4	18,9	26,4	26,4	22,4	30,7	30,7	26,1	40,5	40,4	34,6	51,7	51,7	44,5	64,6	64,5	55,8
30	19,6	19,6	16,9	21,4	21,4	18,5	23,3	23,3	20,2	27,5	27,4	23,8	31,9	31,9	27,7	41,9	41,9	36,6	53,4	53,4	46,8	66,5	66,4	58,5
	18,1	18,1	15,4	19,8	19,8	16,8	21,5	21,5	18,4	25,3	25,3	21,6	29,5	29,5	25,2	36,7	36,7	33,2	49,3	49,3	42,5	61,4	61,3	53,1
20	17,5	17,5	15,1	19,2	19,2	16,6	20,9	20,9	18,1	24,5	24,5	21,2	28,5	28,5	24,7	37,3	37,3	32,4	47,4	47,4	41,3	58,8	58,8	51,4
	17,2	17,2	14,8	18,8	18,8	16,2	20,5	20,5	17,7	24,1	24,1	20,8	28,0	28,0	24,2	36,7	36,7	31,7	46,6	46,6	40,4	57,8	57,7	50,3
15	16,7	16,7	14,5	18,2	18,2	15,8	19,9	19,9	17,3	23,3	23,3	20,3	27,1	27,1	23,6	35,4	35,4	30,9	44,9	44,9	39,3	55,6	55,6	48,7
	16,7	16,7	14,5	18,2	18,2	15,8	19,9	19,9	17,3	23,3	23,3	20,3	27,1	27,1	23,6	35,4	35,4	30,9	44,9	44,9	39,3	55,6	55,6	48,7

Sumber SNI 1727:2013

Tabel 5. Besarnya Beban Angin (Dinding) Eksopoure C

V(mph)	110			115			120			130			140			160			180			200		
H(ft). L/B	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2
180	49,2	48,8	45,2	53,2	52,8	48,9	57,5	56,1	52,8	67	66,2	61,3	77,4	76,5	61,8	92,1	91,5	92,9	132	130,3	119,6	167,3	163,5	151,1
	36,1	35,9	31,5	40,4	39,6	40,4	41,7	41,4	36,2	48	47,6	41,4	55,1	54,5	47,4	71,7	70,6	60,9	92,3	90,1	77,4	115,7	113,1	96,7
160	49	48,7	45,1	52,8	52,5	48,6	57	56,5	52,1	72	65,4	61,6	76	75,2	69,7	99,6	98,2	91	128,2	125,9	116,6	162	158,6	206,8
	35,5	35,3	31	38,1	37,9	33,2	40,9	40,6	35,6	47,1	46,6	40,7	53,9	53,4	46,4	61	69	59,7	89,4	87,8	78,7	112,4	110,1	94,6
140	46,6	46,2	41,4	41,7	40,9	46,1	54,1	53,7	50,7	61,8	62,2	57,5	72,3	71,7	66,3	94,8	93,6	85,8	122	111	111,2	154,3	151,3	131,7
	34,9	34,6	29,1	37,5	36,3	32,8	40,2	40	35	46,1	45,8	40	52,8	52,3	45,6	68,3	67,4	58,5	87	85,6	74,1	109,2	107,1	92,4
130	45,3	45,0	40,2	38,8	38,6	34,9	42,6	42,3	38,3	50,8	41,4	45,8	51	59,4	54,2	81,4	71,4	73,7	107,2	105,5	97,1	137,8	135,2	124,8
	34,3	34,0	28,7	36,8	37,2	32,2	39,4	39,2	34,4	45,1	44,8	38,3	51,5	51,1	45,1	66,5	65,7	57,2	84,5	83,3	72,3	105,8	104	81,2
120	43,9	43,8	40,4	47,3	47,1	43,5	50,9	50,7	46,7	58,7	58,4	59,9	67,4	67	61,8	87,7	86,9	80,4	112,1	110,7	102,6	111	139,8	128,8
	33,6	33,5	29,6	36,1	35,9	31,6	38,6	38,4	33,8	44,1	43,9	38,5	50,3	49,9	43,7	64,6	64	55,8	81,9	80,9	70,4	102,4	100,8	87,6
110	42,5	42,4	39,1	45,8	45,6	42	49,2	49	45,1	56,6	56,3	51,9	64,8	64,5	59,5	84	83,3	77	107	105,8	98,1	134,2	132,3	122,8
	32,9	32,8	29	35,2	35,1	30,9	37,7	37,5	33	43	42,8	37,6	48,9	48,7	42,6	62,7	62,2	54,4	79,2	78,4	68,4	98,8	97,4	85
100	41,1	41	37,7	44,2	44,1	40,5	47,4	47,3	43,5	54,4	54,2	49,9	62,1	61,9	57	91,2	79,7	73,5	101,8	100,9	93,4	127,2	125,7	116,6
	32,3	32,3	28,5	34,6	34,5	30,4	36,9	36,8	32,5	42,1	41,9	36,8	47,8	47,6	41,7	60,9	60,5	53	76,7	76	66,6	95,3	94,2	82,5
90	39,6	39,5	36,3	42,5	42,4	38,9	45,5	45,4	41,6	75,1	52	47,7	59,5	59,2	54,4	76,3	75,9	69,9	96,4	95,7	88,4	120	118,9	110,2
	31,6	31,5	27,9	33,7	33,7	29,7	35	35,9	31,7	40,9	40,8	35,9	46,4	46,2	40,6	59	58,7	51,5	74	73,4	64,4	91,6	90,7	79,7
80	39	38,9	35,7	41,7	41,7	38,2	44,6	44,5	40,8	50,8	50,7	46,4	57,6	57,5	52,7	73,4	73,1	67,1	92	91,5	84,3	113,8	112,9	104,5
	30,9	30,9	27,4	33	32,9	29,1	35,2	35,1	31	39,9	39,8	35,1	45,1	45	39,6	57,1	56,9	50	71,3	70,9	62,3	88	87,3	76,9
70	36,4	36,4	33,2	39	38,9	35,5	41,7	41,6	38	47,5	47,4	43,2	53,8	53,7	49	68,4	68,2	62,3	85,6	85,2	78,2	105,6	105	96,7
	30,2	30,2	26,8	32,2	32,2	28,5	34,3	34,3	30,3	38,9	38,8	34,2	43,8	43,8	38,5	55,2	55,1	48,4	68,7	68,4	60,4	84,3	83,9	73,9
60	34,6	34,6	31,5	37	36,9	33,6	39,5	39,4	35,9	44,9	44,8	40,7	50,8	50,7	46	64,2	64	58,2	79,9	79,6	72,6	98	97,7	89,4
	29,4	29,4	26,1	31,3	31,3	27,8	33,3	33,3	29,5	37,7	37,6	33	42,4	42,4	37,3	53,3	53,2	46,7	65,9	65,7	57,9	80,6	80,3	70,8
50	32,8	32,8	29,9	35	35	31,8	37,3	37,3	33,9	42,3	42,3	38,3	47,7	47,7	43,1	60	59,9	54,2	74,2	74,1	67,1	90,6	90,4	82,2
	28,7	28,7	25,7	30,6	30,6	27,2	32,5	32,5	28,9	36,7	36,7	32,4	41,2	41,2	36,3	51,4	51,4	45,2	63,4	63,2	55,7	77	76,9	68
40	30,8	30,8	27,9	32,8	32,8	29,7	34,9	34,9	31,6	39,5	39,5	35,6	44,4	44,4	40	55,6	55,5	50	68,5	68,4	61,6	83,2	83,1	75
	27,8	27,7	24,8	29,5	29,5	26,4	31,4	31,4	27,9	35,4	35,4	31,4	39,7	39,7	35,1	49,5	49,4	43,6	60,7	60,7	53,5	73,6	73,5	64,8
30	28,5	28,5	25,8	30,3	30,3	27,4	32,2	32,2	29,1	36,4	36,3	32,7	40,8	40,8	36,6	50,8	50,8	45,5	62,3	62,3	55,7	75,4	75,3	67,4
	26,9	26,9	24,2	28,6	28,6	25,6	30,3	30,3	27,2	34,1	34,1	30,4	38,3	38,3	34	45,5	45,5	42	58,1	58,1	51,3	70,2	70,1	61,9
20	26,2	26,2	23,8	27,9	27,9	25,3	29,6	29,6	26,8	33,2	33,2	29,9	37,2	37,2	33,4	46	46	41,1	56,1	56,1	50	67,5	67,5	60,1
	25,8	25,8	23,4	27,4	27,4	24,8	29,1	29,1	26,3	32,7	32,7	29,4	36,6	36,6	32,8	45,3	45,3	40,3	55,2	55,2	49	66,4	66,3	58,9
15	25,2	25,2	23	26,7	26,7	24,3	28,4	28,4	25,8	31,8	31,8	28,8	35,6	35,6	32,1	43,9	43,9	39,4	53,4	53,4	47,8	64,1	64,1	57,2
	25,2	25,2	23	26,7	26,7	24,3	28,4	28,4	25,8	31,8	31,8	28,8	35,6	35,6	32,1	43,9	43,9	39,4	53,4	53,4	47,8	64,1	64,1	57,2

Sumber SNI 1727:2013

Tabel 6. Besarnya Beban Angin (Dinding) Eksopoure D

V(mph)	110			115			120			130			140			160			180			200		
H(ft).L/B	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2
180	55,7	55,3	51,7	59,7	59,3	55,4	64	62,6	59,3	73,5	72,7	67,8	83,9	83	68,3	98,6	98	99,4	138,5	136,8	126,1	173,8	170	157,6
	42,9	42,7	38,3	47,2	46,4	47,2	48,5	48,2	43	54,8	54,4	48,2	61,9	61,3	54,2	78,5	77,4	67,7	99,1	96,9	84,2	122,5	119,9	103,5
160	54,5	54,2	50,6	58,3	58	54,1	62,5	62	57,6	77,5	70,9	67,1	81,5	80,7	75,2	105,1	103,7	96,5	133,7	131,4	122,1	167,5	164,1	212,3
	42,2	42	37,7	44,8	44,6	39,9	47,6	47,3	42,3	53,8	53,3	47,4	60,6	60,1	53,1	67,7	75,7	66,4	96,1	94,5	85,4	119,1	116,8	101,3
140	53,2	52,8	48,4	48,3	47,5	52,7	60,7	60,3	57,3	68,4	68,8	64,1	78,9	78,3	72,9	101,4	100,2	92,4	128,6	117,6	117,8	160,9	157,9	138,3
	41,6	41,5	37,3	44,2	43	39,5	46,9	46,7	41,7	52,8	52,5	46,7	59,5	59	52,3	75	74,1	65,2	93,7	92,3	80,8	115,9	113,8	99,1
130	51,6	51,4	48	55,1	54,9	51,2	58,9	58,6	54,6	67,1	57,7	62,1	67,3	75,7	70,5	97,7	87,7	90	123,5	121,8	113,4	154,1	151,5	141,1
	40,9	40,8	27,8	43,4	43,8	38,8	46	45,8	41	51,7	51,4	44,9	58,1	57,7	51,7	73,1	72,3	63,8	91,1	89,9	78,9	112,4	110,6	87,8
120	50,4	50,3	46,9	53,8	53,6	50	57,4	57,2	53,2	65,2	64,9	66,4	73,9	73,5	68,3	94,2	93,4	86,9	118,6	117,2	109,1	117,5	146,3	135,3
	40,2	40,1	36,2	42,7	42,5	38,2	45,2	45	40,4	50,7	50,5	45,1	56,9	56,5	50,3	71,2	70,6	62,4	88,5	87,5	77	109	107,4	94,2
110	49	48,9	45,6	52,3	52,1	48,5	55,7	55,5	51,6	63,1	62,8	58,4	71,3	71	66	90,5	89,8	83,5	113,5	112,3	104,6	140,7	138,8	129,3
	39,5	39,4	35,6	41,8	41,7	37,5	44,3	44,1	39,6	49,6	49,4	44,2	55,5	55,3	49,2	69,3	68,8	61	85,8	85	75	105,4	104	91,6
100	47,5	47,4	44,1	50,6	50,5	46,9	53,8	53,7	49,9	60,8	60,6	56,3	68,5	68,3	63,4	97,6	86,1	79,9	108,2	107,3	99,8	133,6	132,1	123
	38,8	38,8	35	41,1	41	36,9	43,4	43,3	39	48,6	48,4	43,3	54,3	54,1	48,2	67,4	67	59,5	83,2	82,5	73,1	101,8	100,7	89
90	46	45,9	42,7	48,9	48,8	45,3	51,9	51,8	48	81,5	58,4	54,1	65,9	65,6	60,8	82,7	82,3	76,3	102,8	102,1	94,8	126,4	125,3	116,6
	38	37,9	34,3	40,1	40,1	36,1	41,4	42,3	38,1	47,3	47,2	42,3	52,8	52,6	47	65,4	65,1	57,9	80,4	79,8	70,8	98	97,1	86,1
80	44,4	44,3	41,1	47,1	47,1	43,6	50	49,9	46,2	56,2	56,1	51,8	63	62,9	58,1	78,8	78,5	72,5	97,4	96,9	89,7	119,2	118,3	109,9
	37,3	37,3	33,8	39,4	39,3	35,5	41,6	41,5	37,4	46,3	46,2	41,5	51,5	51,4	46	63,5	63,3	56,4	77,7	77,3	68,7	94,4	93,7	83,3
70	42,7	42,7	39,5	45,3	45,2	41,8	48	47,9	44,3	53,8	53,7	49,5	60,1	60	55,3	74,7	74,5	68,6	91,9	91,5	84,5	111,9	111,3	103
	36,5	36,5	33,1	38,5	38,5	34,8	40,6	40,6	36,6	45,2	45,1	40,5	50,1	50,1	44,8	61,5	61,4	54,7	75	74,7	66,7	90,6	90,2	80,2
60	40,9	40,9	37,8	43,3	43,2	39,9	45,8	45,7	42,2	51,2	51,1	47	57,1	57	52,3	70,5	70,3	64,5	86,2	85,9	78,9	104,3	104	95,7
	35,7	35,7	32,4	37,6	37,6	34,1	39,6	39,6	35,8	44	43,9	39,3	48,7	48,7	43,6	59,6	59,5	53	72,2	72	64,2	86,9	86,6	77,1
50	39,9	39,9	37	42,1	42,1	38,9	44,4	44,4	41	49,4	49,4	45,4	54,8	54,8	50,2	67,1	67	61,3	81,3	81,2	74,2	97,7	97,5	89,3
	34,9	34,9	31,9	36,8	36,8	33,4	38,7	38,7	35,1	42,9	42,9	38,6	47,4	47,4	42,5	57,6	57,6	51,4	69,6	69,4	61,9	83,2	83,1	74,2
40	37	37	34,1	39	39	35,9	41,1	41,1	37,8	45,7	45,7	41,8	50,6	50,6	46,2	61,8	61,7	56,2	74,7	74,6	67,8	89,4	89,3	81,2
	34	33,9	31	35,7	35,7	32,6	37,6	37,6	34,1	41,6	41,6	37,6	45,9	45,9	41,3	55,7	55,6	49,8	66,9	66,9	59,7	79,8	79,7	71
30	34,7	34,7	32	36,5	36,5	33,6	38,4	38,4	35,3	42,6	42,5	38,9	47	47	42,8	57	57	51,7	68,5	68,5	61,9	81,6	81,5	73,6
	33	33	30,3	34,7	34,7	31,7	36,4	36,4	33,3	40,2	40,2	36,5	44,4	44,4	40,1	51,6	51,6	48,1	64,2	64,2	57,4	76,3	76,2	68
20	32,2	32,2	29,8	33,9	33,9	31,3	35,6	35,6	32,8	39,2	39,2	35,9	43,2	43,2	39,4	52	52	47,1	62,1	62,1	56	73,5	73,5	66,1
	31,8	31,8	29,4	33,4	33,4	30,8	35,1	35,1	32,3	38,7	38,7	35,4	42,6	42,6	38,8	51,3	51,3	46,3	61,2	61,2	55	72,4	72,3	64,9
15	31,1	31,1	28,9	32,6	32,6	30,2	34,3	34,3	31,7	37,7	37,7	34,7	41,5	41,5	38	49,8	49,8	45,3	59,3	59,3	53,7	70	70	63,1
	31,1	31,1	28,9	32,6	32,6	30,2	34,3	34,3	31,7	37,7	37,7	34,7	41,5	41,5	38	49,8	49,8	45,3	59,3	59,3	53,7	70	70	63,1

Sumber SNI 1727:2013



#### 4. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Pengaruh gempa pada struktur ditentukan berdasarkan analisa dinamik, maka yang diartikan dalam beban gempa itu gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh tanah akibat gempa itu sendiri. Adapun peraturan saat merencanakan beban gempa dapat menggunakan peraturan perencanaan berikut:

##### **a. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung Berdasarkan SNI 1726:2012**

Beban gempa rencana pada SNI 03-1726-2012 memiliki periode ulang sebesar 2500 tahun. Pada peraturan gempa sebelumnya, SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-1989, secara berurutan digunakan beban gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun dan 200 tahun. Dengan menggunakan periode ulang gempa rencana 2500 tahun, SNI 1726-2012 menggunakan beban gempa yang kemungkinan terlampauinya sebesar 2% dalam jangka waktu 50 tahun, yang dengan kata lain menggunakan beban gempa yang lebih besar dibandingkan dua peraturan gempa sebelumnya.

Respons spektra untuk beban gempa SNI 1726 2012 dihasilkan melalui pengolahan nilai respons spektra di batuan dasar pada periode 0,2 detik ( $S_s$ ) dan 1 detik ( $S_1$ ). Nilai ini diperoleh melalui pembacaan peta gempa SNI 1726 2012 untuk 0,2 detik dan 1 detik. Untuk menghasilkan respons spektra di permukaan, dapat digunakan persamaan berikut

$$S_{ms} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots 2.48$$

$$S_{m1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots 2.49$$

dimana:  $S_{ms}$  : parameter *response spectrum* perioda pendek

$S_{m1}$  : parameter *response spectrum* perioda 1 detik

$F_a$  : Faktor amplifikasi (Tabel 7)

$F_v$  : Faktor amplifikasi (Tabel 8)

Parameter percepatan *spectral design* berdasarkan persamaan berikut:

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{m1} \dots\dots\dots 2.50$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{ms} \dots\dots\dots 2.51$$

dimana:

$S_{DS}$  : Parameter percepatan *response spectrum* perioda pendek

$S_{D1}$  : Parameter percepatan *response spectrum* perioda 1 detik

$S_{ms}$  : Parameter *response spectrum* perioda pendek

$S_{m1}$  : Parameter *response spectrum* perioda 1 detik

Dari nilai respons spektra baru dengan sebutan  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ . Kedua nilai inilah yang akan diplot menjadi respons spektra beban gempa rencana. Untuk menentukan kelas situs harus memperhatikan  $\bar{N} - SPT$ . Adapun perhitungan  $\bar{N} - SPT$  untuk perencanaan gempa dapat dihitung dengan rumus:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n_i}} \dots\dots\dots 2.52$$

dimana:  $\bar{N}$  = Nilai N-SPT rerata

$d_i$  = Ketebalan lapisan

$n_i$  = Nilia N-SPT lapisan

Tabel 7. Faktor *Amplifikasi Fa Percepatan Respons Spektrum* Faktor

Site Class	Ss < 0,25	Ss = 0,5	Ss = 0,75	Ss = 1	Ss > 1,25
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1	1	1	1	1
C	1,2	1,2	1,1	1	1
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9

Sumber SNI 1726:2012

Tabel 8. Faktor *Amplifikasi Fv Percepatan Respons Spektrum* Faktor

Site Class	S <sub>1</sub> < 0,1	S <sub>1</sub> = 0,2	S <sub>1</sub> = 0,3	S <sub>1</sub> = 0,4	S <sub>1</sub> > 0,5
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1	1	1	1	1
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4

Sumber SNI 1726:2012

Bila *response spectrum design* diperlukan dengan menggunakan peraturan SNI 1726 2012 maka kurva *response spectrum* desain harus dikembangkan dengan ketentuan berikut ini:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , *response spectrum* percepatan desain,  $S_a$  harus diambil dari persamaan

$$S_a = sds \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots 2.53$$

dimana:

$S_a$  = *Spectrum response*

$S_{ds}$  = Parameter percepatan *response spectrum* perioda pendek

$T$  = Perioda fundamental

$T_0$  = Perioda awal

Untuk perioda 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  $S_{ds}$

2. Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , *Response spectrum* percepatan desain  $S_a$  diambil dari persamaan:

$$S_a = \frac{S_{d1}}{T} \dots\dots\dots 2.54$$

dimana:

$S_{ds}$  : Parameter *response spectrum* percepatan desain pada perioda pendek

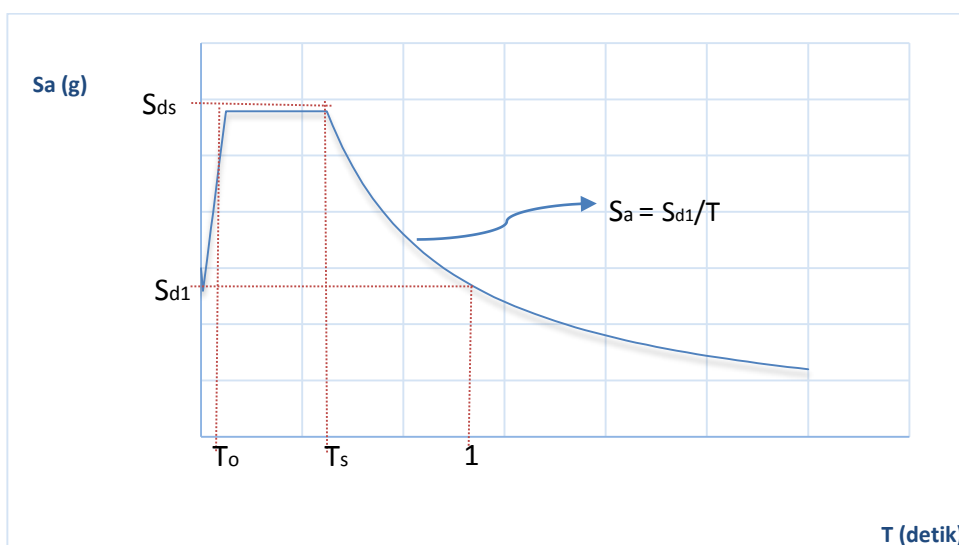
$S_{d1}$  : Parameter *response spectrum* percepatan desain pada perioda 1 detik

$T$  : Periode getar fundamental struktur

$$T_0 : 0.2 \frac{S_{d1}}{S_{ds}} \dots\dots\dots 2.55$$

$$T_s : \frac{S_{d1}}{S_{ds}} \dots\dots\dots 2.56$$

Maka *response spectra* akan terbentuk seperti Gambar grafik berikut:



Gambar 10. Grafik *Response spectrum* berdasarkan SNI 1726:2012

Adapun metode perencanaan berdasarkan SNI 1726:2012 bisa menggunakan metode perencanaan:

### 1. *Response Spectrum*

*Response Spektrum* adalah suatu *spectrum* yang disajikan dalam bentuk grafik antara perioda getar struktur dengan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*Spectral displacement, SD*), Kecepatan maksimum (*Spectral Velocity, SV*) atau percepatan maksimum (*Spectral acceleration, SA*) dari masa struktur.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa actual dalam masing masing arah

Sedangkan parameter respon ragam menurut SNI 1726:2012. Nilai untuk masing masing parameter desain terkait gaya yang ditinjau, termasuk simpangan antar lantai tingkat, gaya dukung, dan gaya elemen struktur individu untuk masing masing ragam respon .

## 2. *Statik Ekwivalen*

Analisa statik pada prinsipnya adalah menggantikan beban gempa dengan gaya-gaya *statik ekwivalen* yang bertujuan menyederhanakan dan memudahkan perhitungan. Metode ini disebut juga Metode Gaya Lateral Ekwivalen (*Equivalent Lateral Force Method*), yang mengasumsikan besarnya gaya gempa berdasarkan hasil perkalian suatu konstanta / massa dari elemen tersebut.

Gaya geser horisontal akibat gempa yang bekerja pada struktur bangunan dalam arah sumbu X (  $V_x$  ) dan sumbu Y (  $V_y$  ), ditentukan dari rumus :

$$V = C_s \cdot W \dots\dots\dots 2.57$$

dimana :    V        = Gaya geser dasar  
                   W        = berat lantai  
                   C<sub>s</sub>     = Koefisien *response seismic*

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I}\right)} \dots\dots\dots 2.58$$

dimana:    S<sub>ds</sub>    = Parameter percepatan *response spectrum*  
     desain pendek  
                   I        = Faktor keutamaan  
                   R        = Faktor modifikasi *response*

Nilai  $C_s$  yang dihitung tidak perlu melebihi

$$C_s = \frac{S_{d1}}{T \left( \frac{R}{I} \right)} \dots\dots\dots 2.59$$

dimana:

$S_{d1}$  = Parameter percepatan *response spectrum* desain pada  
periode 1 detik

$C_s$  = Koefisien *response seismic*

$I$  = Faktor keutamaan

$R$  = Faktor modifikasi *response*

$T$  = Periode fundamental

Dan  $C_s$  harus tidak kurang

$$C_s = 0,044 s_{ds} \cdot I \geq 0,01 \dots\dots\dots 2.60$$

Sedangkan daerah di mana  $s_1$  sama dengan atau lebih besar dari  
0,6 g maka  $C_s$  harus tidak kurang

$$C_s = \frac{0,5S_{d1}}{\left( \frac{R}{I} \right)} \dots\dots\dots 2.61$$

dimana:

$S_{d1}$  = Parameter percepatan *spectrum response* desain periode 1  
detik

$T$  = Prioda fundamental struktur

$S_1$  = Parameter percepatan *spectrum response* maksimal yang  
dipetakan

$I$  = Faktor keutamaan

$R$  = Faktor modifikasi *response*

Untuk Faktor keutamaan diambil dari kategori resiko bangunan sebagai berikut:

Tabel 9. Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Resiko</b>	<b>Faktor Keutamaan</b>
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko terhadap jiwa manusia pada saat kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk Fasilitas pertanian perkebunan Fasilitas Sementara Gedung penyimpanan	I	1,00
Semua gedung dan struktur lain kecuali yang termasuk dalam kategori I,II,IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: Perumahan Pasar Gedung Perkantoran Apartemen	II	1,00
Gedung dan non gedung yang memiliki i resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk Bioskop, Gedung pertemuan Stadion Penjara Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori IV yang memili potensi untuk menyebabkan dampak ekonomu yang besar dan atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari jika terjadi kegagalan termasuk tai tidak dibatasi untuk Pusat pembangkit listrik biasa Fasilitas penanganan air Fasilitas penanganan limbah Pusat telekomunikasi	III	1,25
Gedung dan non gedung yang ditunjukan sebagai fasilitas penting, termasuk tetapi tidak dibatasi untuk Bangunan monumental, Gedung sekolah, Rumah sakit dan fasilitas kesehatan,	IV	1,5

Sumber SNI 1726:2012



Sedangkan untuk faktor reduksi dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 10 Koefisien Modifikasi *Response* (R)

<b>Sistem penahan Gaya Seismik</b>	<b>Koefisien Reduksi response (R)</b>
c.. Sistem Rangka Pemikul Momen	
1.. Rangka baja pemikul momen khusus	8
2.. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7
3.. Rangka baja pemikul momen menengah	4,5
4.. Rangka baja pemikul momen biasa	3,5
5.. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8
6.. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3

Sumber: SNI 1726:2012

Perioda fundamental pendekatan ( $T_a$ ) harus ditentukan dari persamaan:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \dots\dots\dots 2.62$$

dimana:  $T_a$  = Perioda fundamental pendekatan  
 $C_t$  = Koefisien (Tabel 11)  
 $X$  = Koefisien (Tabel 11)  
 $h_n$  = Ketinggian struktur

Tabel 11. Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x

<b>Tipe Struktur</b>	<b>Ct</b>	<b>X</b>
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan brecing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan brecing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua system struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber SNI 1727:2013

Periode fundamental struktur dapat dihitung dengan pendekatan ( $T_a$ ) dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa terdiri dari penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m:

$$T_a = 0,1 N \dots\dots\dots 2.63$$

Dengan N adalah jumlah tingkat, sedangkan periode fundamental pendekatan  $T_a$  untuk struktur dinding geser batu bata atau beton diijinkan untuk menggunakan persamaan:

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{C_w}} hn \dots\dots\dots 2.64$$

dengan:

$$C_w = \frac{100}{A_b} \sum_{i=1}^x \left( \frac{hn}{h_i} \right)^2 \frac{A_i}{\left[ 1 + 0,83 \left( \frac{h_i}{D_i} \right)^2 \right]} \dots\dots\dots 2.65$$

dimana:

$A_b$  = Luas dasar struktur

$A_i$  = Luas badan dinding geser

- $D_i$  = Panjang dinding geser  
 $h_i$  = tinggi dinding geser  
 $h_n$  = Ketinggian struktur  
 $x$  = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif

Distribusi vertikal gaya gempa (F)

Gaya gempa lateral ( $F_x$ ) (KN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan

$$F_x = C_{vx} V \dots\dots\dots 2.66$$

Untuk menentukan  $C_{vx}$  menggunakan persamaan berikut:

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} \dots\dots\dots 2.67$$

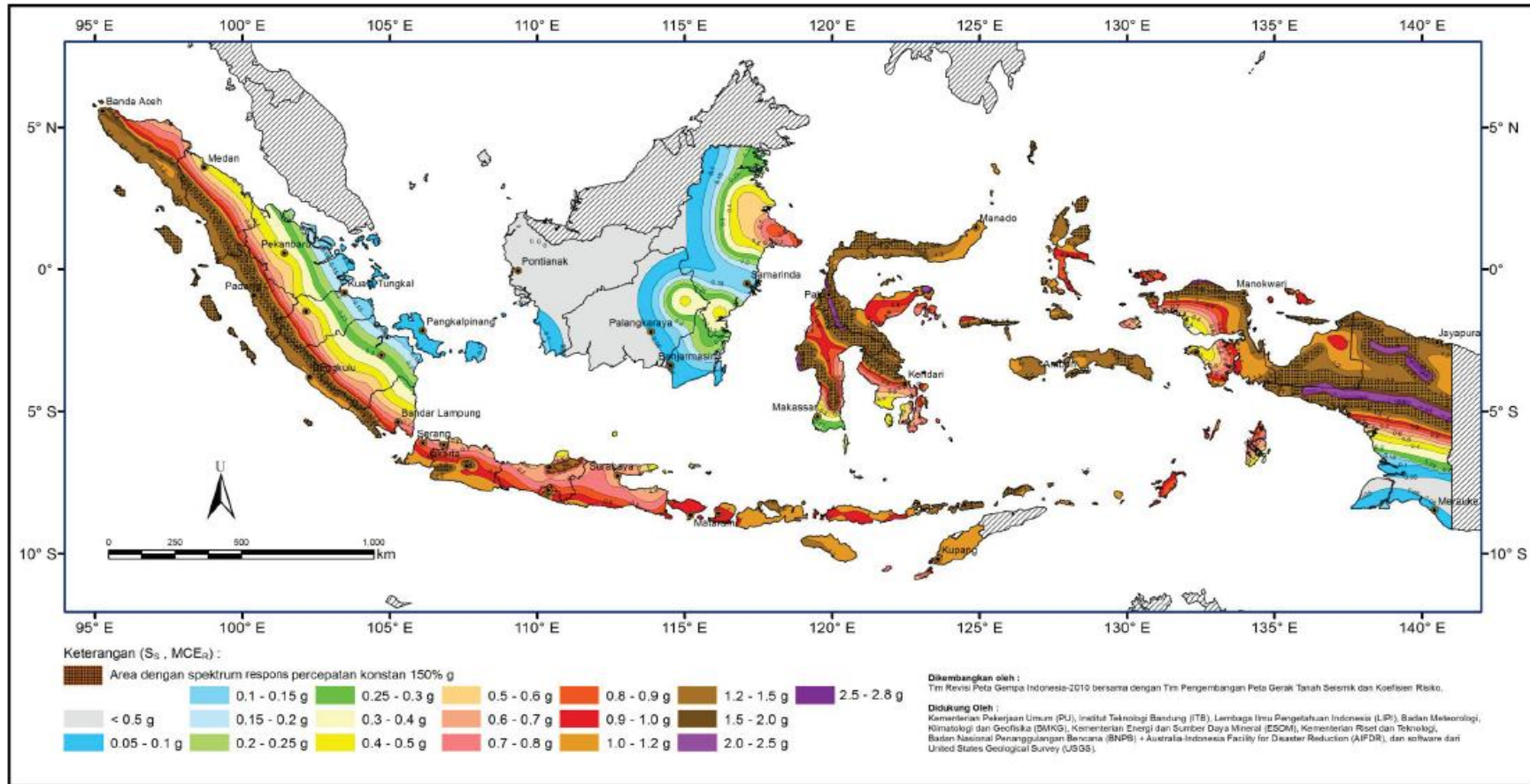
Dengan:

- $C_{vx}$  : faktor distribusi vertikal  
 $V$  : Gaya lateral desai total atau geser di dasar struktur  
 $w_i$  dan  $w_x$  : bagian *seismic* efektif total struktur  $W$  yang dikenakan pada tingkat  $i$  dan  $x$   
 $h_i$  dan  $h_x$  : tinggi dari dasar tingkat  $i$  atau  $x$   
 $k$  : eksponen yang terikat pada struktur

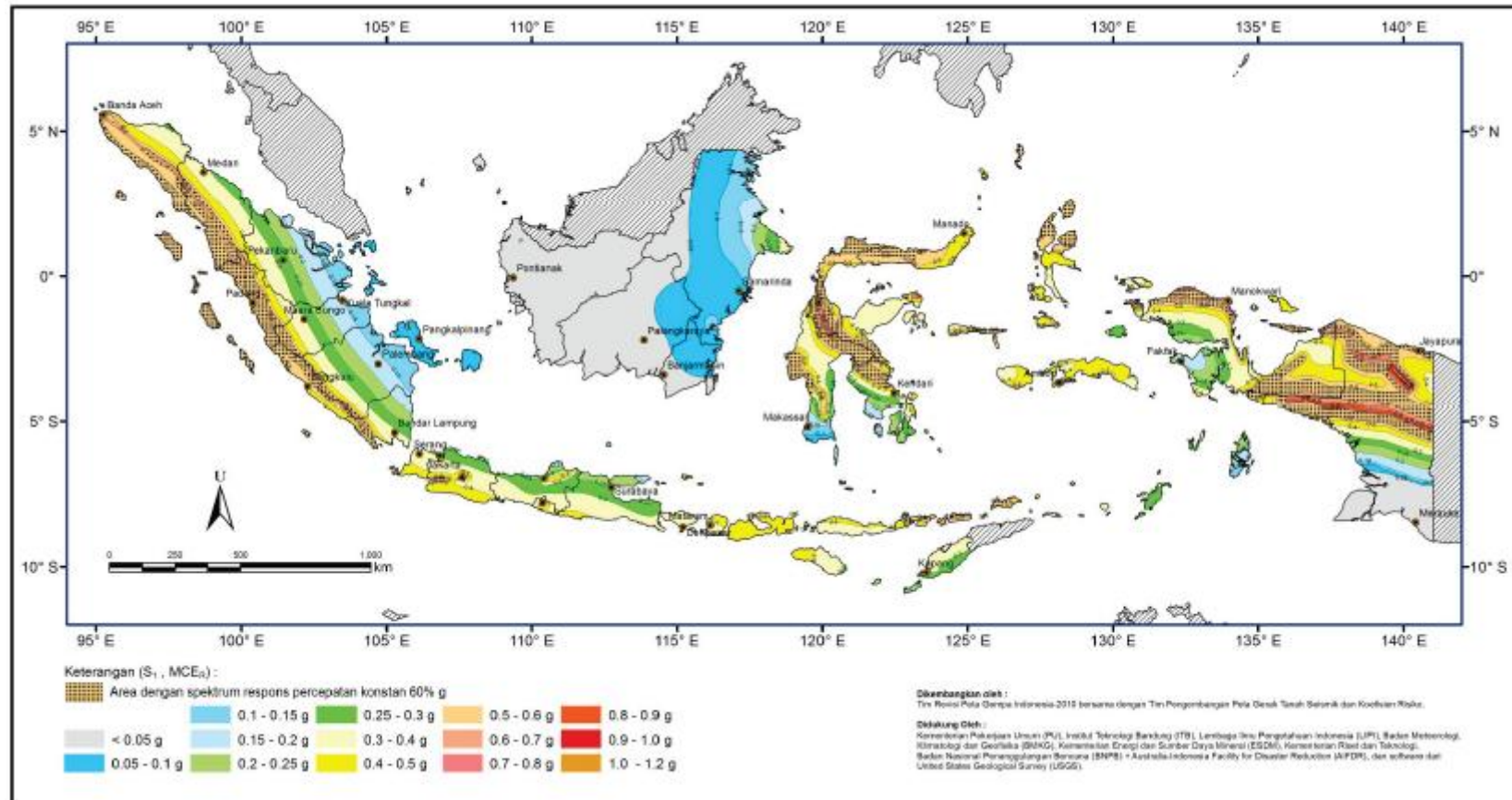
Tabel 12. Penentuan Nilai  $K$

<b>Prioda</b>	<b>K</b>
Kurang dari 0,5 detik	1
2,5 detik atau lebih	2
0,5 detik – 2,5 detik	Interpolasi

Sumber SNI 1726 :2012



Gambar 11. Parameter Percepatan Response Spectrum Periode Pendek SNI 1726:2012



Gambar 12 . Parameter Percepatan Response Spectrum 1 detik SNI 1726:2012

**b. *Minimum Design Loads For Buildings and Others Structure for Seismic Design Requirements for Building Structures ASCE 07.10 C11-12***

Berdasarkan peraturan yang ditetapkan dari peraturan ASCE 07.10 menerangkan bahwa perencanaan gedung tahan gempa harus berbasis kinerja atau *performance base design* yang menerangkan bahwa suatu bangunan gedung harus dapat menahan kombinasi dari aspek tahanan dan aspek layan. Secara umum untuk menentukan *response spectrum* dan cara menganalisis gempa menggunakan ASCE 07.10 sama seperti yang dijelaskan SNI 1726:2012.

**F. Kombinasi Pembebanan**

Berdasarkan Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013 menjelaskan konsep kombinasi pembebanan antara lain:

1. Kuat perlu U untuk menahan beban mati D paling tidak harus sama dengan

$$U = 1.4D \dots\dots\dots 2.68$$

2. Kuat perlu U untuk menahan beban mati D, beban hidup L, dan juga beban atap A atau beban hujan R, atau beban salju S paling tidak harus sama dengan

$$U = 1.2D + 1.6L + 0.5 (A \text{ atau } R \text{ atau } S) \dots\dots\dots 2.69$$

3. Kombinasi beban juga harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup L,W,Satau R yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya , yaitu:

$$U = 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) \dots\dots\dots 2.70$$

4. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu U harus diambil sebagai:

$$U = 1.2D + 1.0L + 1.0E + 0,2s \dots\dots\dots 2.71$$

5. Beban gempa harus diperhitungkan sebagai satu kesatuan pembebanan

$$U = 0.9D + 1.0E \dots\dots\dots 2.72$$

6. Beban angin harus diperhitungkan sebagai satu kesatuan pembebanan

$$U = 0.9D + 1.0W \dots\dots\dots 2.73$$