

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **A. Pedoman Perencanaan**

Dalam Peninjauan Ulang Struktur Gedung J Universitas Muhammadiyah Purwokerto, pedoman yang digunakan sebagai acuan adalah :

- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPUIG 1987)
- Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013)
- Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 2847 – 2013)
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI-1726-2012)

#### **B. Konsep Pembebanan**

Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan merupakan kombinasi dari beberapa beban yang terjadi secara bersamaan. Secara garis besar beban pada struktur dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu beban statik dan beban dinamik. Beban statik yaitu jika perubahan intensitas beban berjalan perlahan sehingga pengaruh waktu tidak dominan. Beban dinamik yaitu jika perubahan intensitas beban bervariasi secara cepat terhadap waktu. Untuk memastikan bahwa suatu struktur bangunan dapat bertahan selama umur rencananya, maka pada proses perancangan dari struktur perlu ditinjau beberapa kombinasi pembebanan yang mungkin terjadi (Eko Prasetyo, 2007).

## 1. Beban Statik

Jenis-jenis beban statik adalah sebagai berikut:

### a) Beban Mati

Beban mati menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987 adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan.

Tabel 2. 1. Beban Mati Pada Struktur

Beban Mati	Besar Beban
Baja	7850 kg / m <sup>3</sup>
Beton Bertulang	2400 kg / m <sup>3</sup>
Dinding pasangan 1/2 Bata	250 kg / m <sup>2</sup>
Atap genteng, usuk, dan reng	50 kg / m <sup>2</sup>
Kaca setebal 12 mm	30 kg / m <sup>2</sup>
Langit-langit + penggantung	20 kg / m <sup>2</sup>
Lantai ubin semen portland	24 kg / m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	21 kg / m <sup>2</sup>
Partisi	130 kg / m <sup>2</sup>

### b) Beban hidup

Beban hidup adalah beban - beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja perlahan-lahan pada struktur. Menurut Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013) sebagai berikut

Tabel 2. 2. Beban hidup pada lantai bangunan

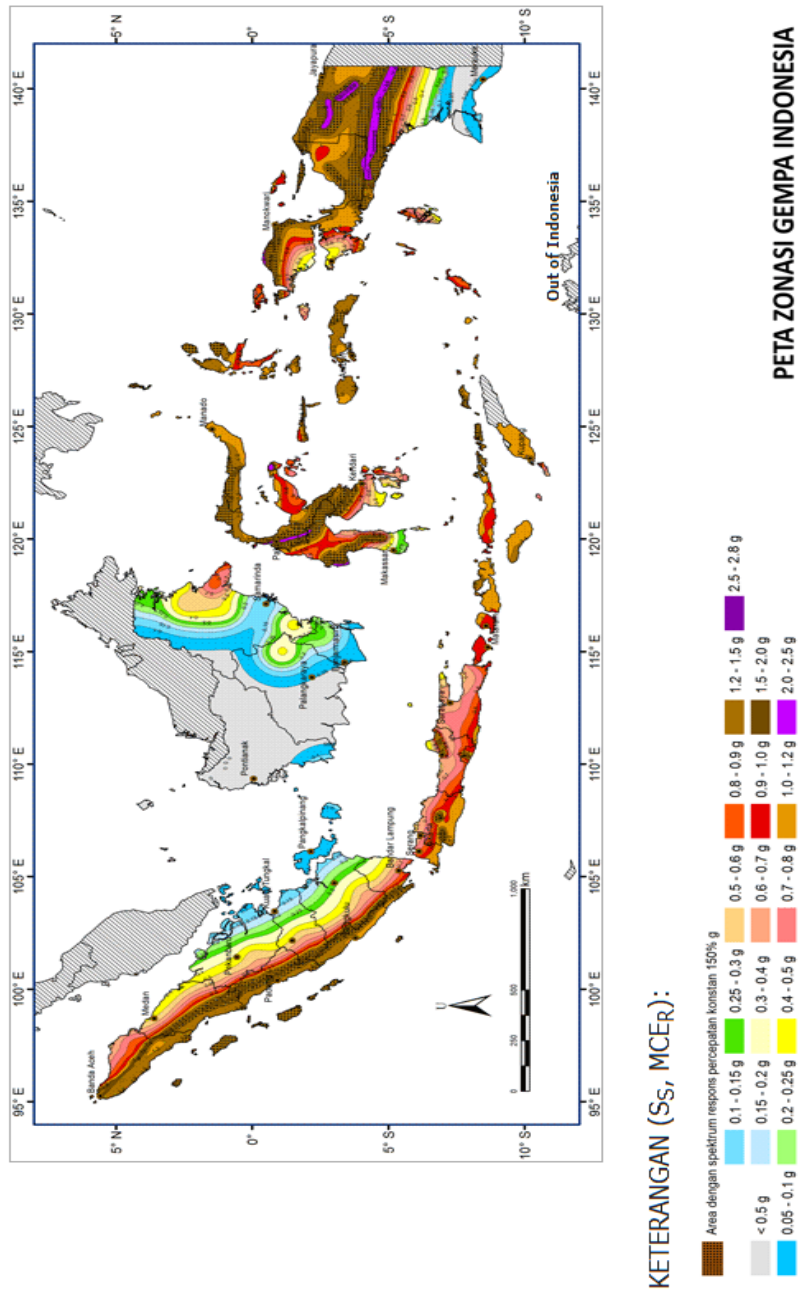
Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat lb (kN)
Atap Atap datar, berbung, dan lengkung Atap digunakan untuk taman atap Atap yang digunakan untuk tujuan lain	20 (0,96) <sup>1</sup> 100 (4,79) Sama seperti hunian dilayani	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	20 (0,96)	2 000 (8,9) 300 (1,33) 300 (1,33)
Sekolah Ruang kelas Koridor di atas lantai pertama Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1 000 (4,5) 1 000 (4,5) 1 000 (4,5)
Bak-bak/scaffles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97) <sup>2,3</sup>	8 000 (35,6) <sup>2</sup>
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 <sup>1</sup> 300 <sup>1</sup>
Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) Ringan Berat	20 (0,96) 125 (6,00) <sup>4</sup> 250 (11,97) <sup>4</sup>	

## 2. Beban Dinamik

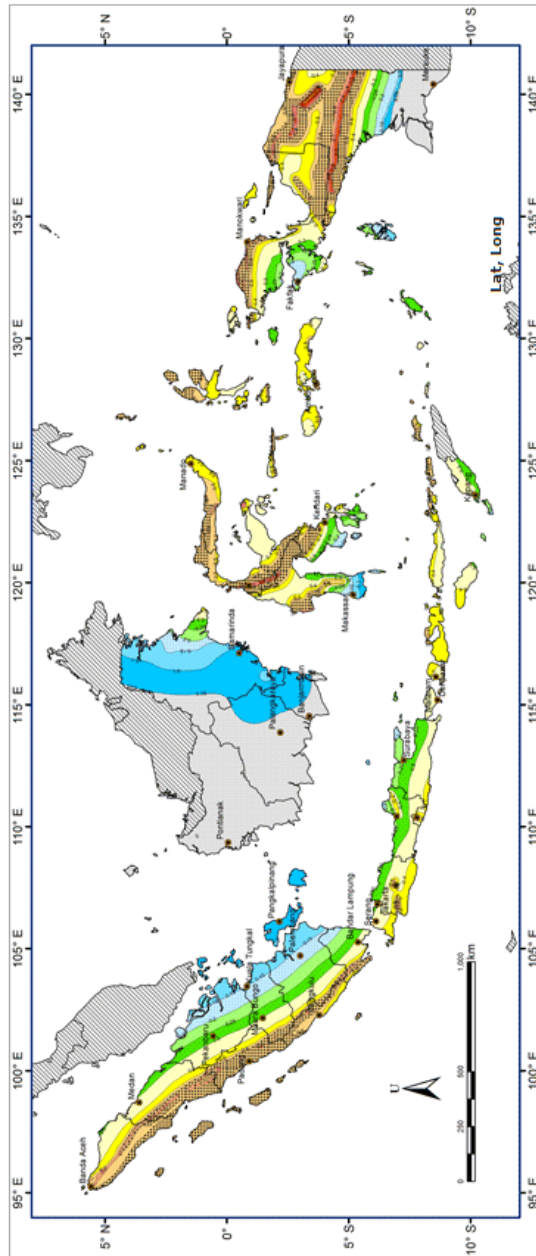
### a) Beban Gempa (Earthquake Load / EL)

Beban Gempa adalah beban dinamik dengan arah bolak – balik yang tidak bersifat terus – menerus bekerja pada struktur bangunan atau dapat dikatakan merupakan beban sementara yang bekerja pada struktur bangunan. Besarnya beban gempa tergantung dari beberapa faktor, yaitu :

- Massa struktur
- Kekakuan struktur
- Waktu getar struktur
- Kondisi tanah dasar
- Wilayah kegempaan dimana bangunan tersebut didirikan



**Gambar 2. 1. Peta zonasi gempa Indonesia ( $S_s$ )**



**KETERANGAN ( $S_1$ , MCFER):**

- Area dengan spektrum respons percepatan konstan 60% g
- $< 0.05\text{ g}$
- 0.05 - 0.1 g
- 0.1 - 0.15 g
- 0.15 - 0.2 g
- 0.2 - 0.25 g
- 0.25 - 0.3 g
- 0.3 - 0.4 g
- 0.4 - 0.5 g
- 0.5 - 0.6 g
- 0.6 - 0.7 g
- 0.7 - 0.8 g
- 0.8 - 0.9 g
- 0.9 - 1.0 g
- 1.0 - 1.2 g

Dikembangkan oleh :

Tim Revisi Peta Gempa Indonesia-2010 bersama dengan Tim Pengembangan Peta Gerak Tanah Seismik dan Koefisien Risiko.

**Didukung Oleh :**  
 Kementerian Pekerjaan Umum (PU), Institut Teknologi Bandung (ITB), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Kementerian Riset dan Teknologi, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) + Australia-Indonesia Facility for Disaster Reduction (AIFDR), dan software dan

**PETA ZONASI GEMPA INDONESIA**

Jakarta, Juli 2010  
 MENTERI PEKERJAAN UMUM,  
 DIONO KIRMANTO



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM**

**Gambar 2. 2. Peta zonasi gempa Indonesia ( $S_1$ )**

i. Klasifikasi situs

Dalam menentukan sebuah kelas situs digolongkan berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs yaitu diantaranya kelas situs SA, SB, SC, SE, atau pun SF dengan berdasarkan hasil data penyelidikan tanah. Seperti yang digambarkan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 2. 3. Klasifikasi situs (Sumber: SNI 1726:2012)**

Kelas situs	V <sub>s</sub> (m/detik)	N atau N <sub>ch</sub>	Su (kPa)
SA (batuan keras)	>150	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :		
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, PI &gt; 20,</li> <li>2. kadar air, w ≥ 40 %,</li> <li>3. kuat geser niralir Su &lt; 25 kPa</li> </ol>		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifikasi situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. rawan dan berpotensi runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi,</li> <li>2. lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah,</li> <li>3. lempung sangat organik dan atau gambut (ketebalan H &gt; 7,5 m dengan indeks plastisitas PI &gt; 75). Lapisan lempung lunak/sedang teguh dengan ketebalan H &gt; 35 m dengan Su &lt; kPa</li> </ol>		
Catatan : N/A = tidak dipakai			

Dengan nilai N harus ditentukan berdasarkan perumusan berikut :

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{Ni}} \quad (2.1)$$

$di$  = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter.

$Ni$  = tahanan penetrasi standar.

- i. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget ( $MCE_R$ ) Untuk menentukan respons spektral percepatan gempa di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada periode getaran pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spektrum respon periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan klasifikasi situs yaitu sebagai berikut :

$$S_{MS} = F_a S_S \quad (2.2)$$

$$S_{M1} = F_v S_I \quad (2.3)$$

$S_S$  : parameter respon spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek.

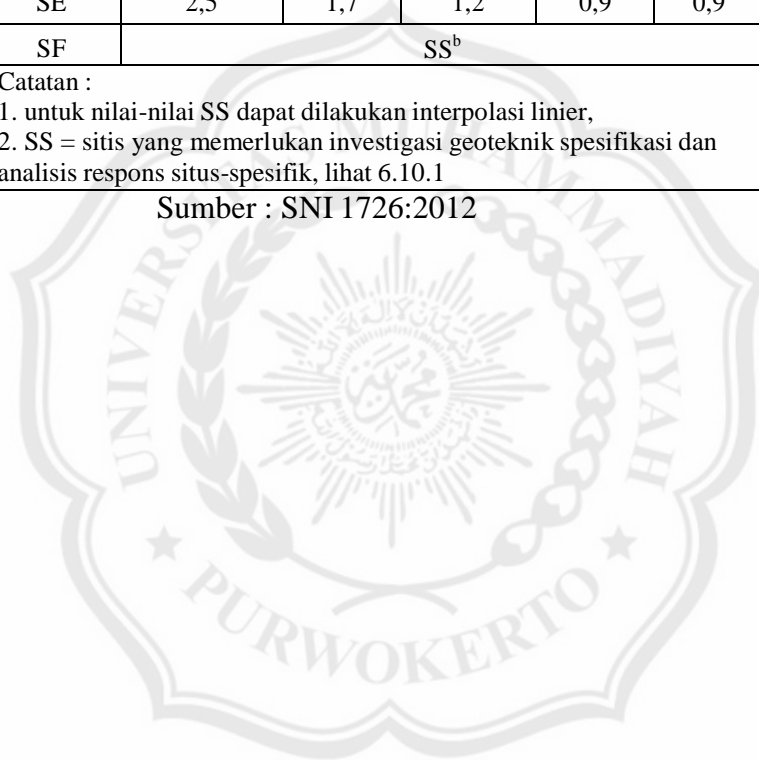
$S_I$  : parameter respon spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 0,1 detik.

Untuk koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  berdasarkan tabel dibawah ini.

Tabel 2.3. Koefisien  
situs  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_S$				
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				
Catatan : 1. untuk nilai-nilai SS dapat dilakukan interpolasi linier, 2. SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1					

Sumber : SNI 1726:2012



### 3) Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik  $S_{D1}$  ditentukan berdasarkan rumus berikut

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.5)$$

$S_{DS}$  : parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek.

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

### 4) Spektrum respon desain

Untuk mengetahui nilai spektrum respon desain harus memenuhi ketentuan sebagai berikut.

a) Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$  , spektrum respon percepatan desain  $S_a$  dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \quad (2.6)$$

b) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$  spektrum respon perencanaan desain  $S_a$  sama dengan  $S_{D1}$ .

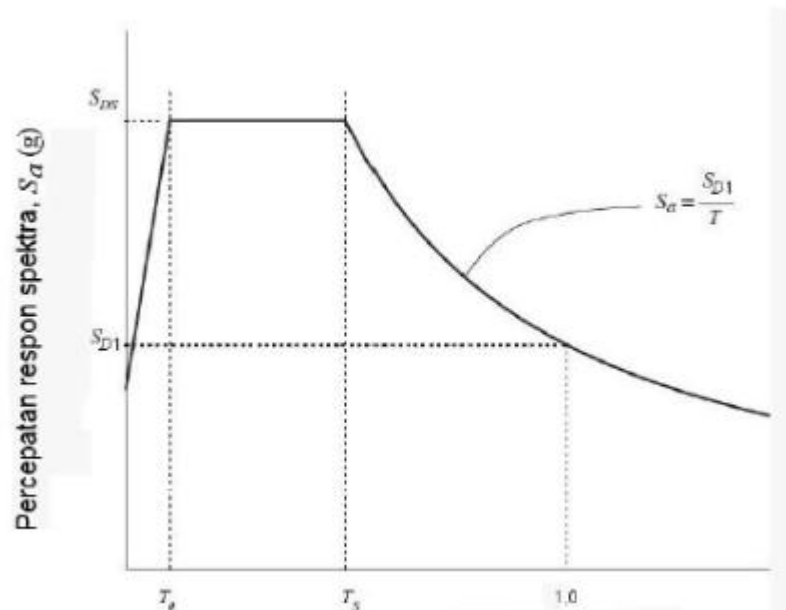
c) Untuk periode lebih besar dari  $T_s$  spektrum respon desain  $S_a$  diambil seperti rumus berikut :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.7)$$

$T$  : periode respon fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.8)$$

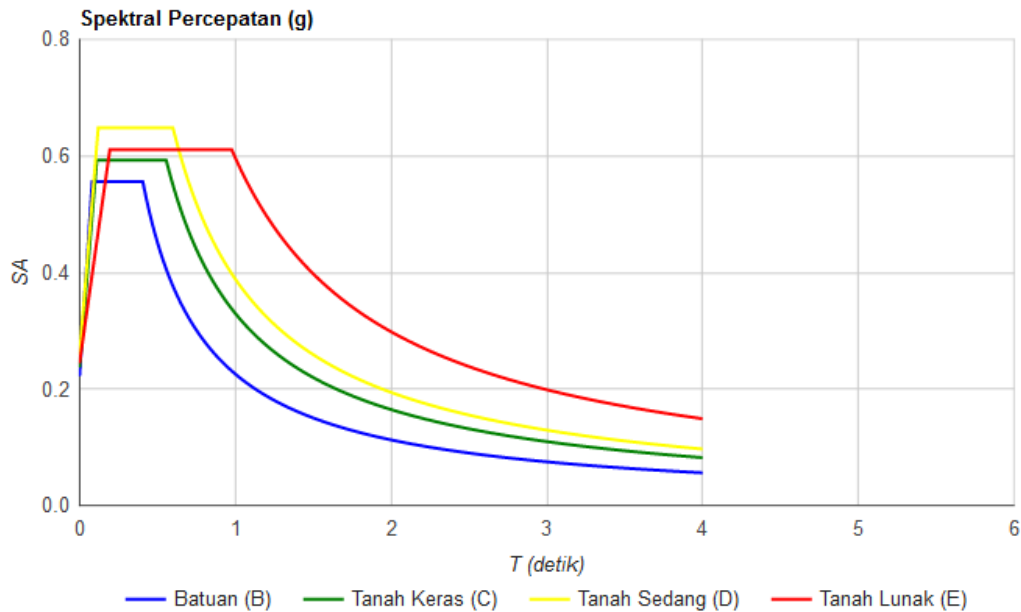
$$T = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.9)$$



**Gambar 2. 3. Spektrum respons desain**

**(Sumber : SNI 1726:2012)**

Nilai spektrum respon desain juga dapat diketahui dengan menggunakan aplikasi desain spektra indonesia yang diakses melalui internet dengan membuka website Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman – Kementerian Pekerjaan Umum. Dibawah ini merupakan gambar respon desain yang diperoleh melalui Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman – Kementerian Pekerjaan Umum.



**Gambar 2. 4. Spektum respon desain wilayah Purwokerto**

(Sumber : [puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011))

#### b) 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 ketertutupan, koefisien tekanan internal.

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

- a. Menentukan Kecepatan Angin Dasar,  $V$

Kecepatan angin dasar harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.

- b. 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 20 kali 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.

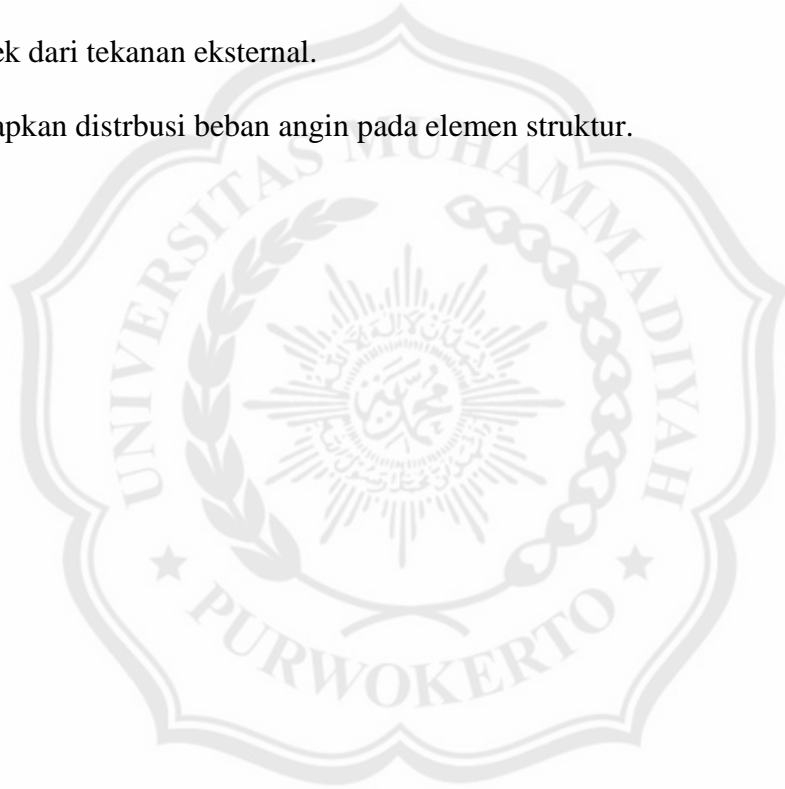
Eksposur D juga berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah lawan angin dari situs B atau C, dan situs yang berada dalam jarak 600ft (183m) atau 20kali tinggi bangunan, mana yang terbesar, dari kondisi Eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya.

iii. Masuk ke tabel 4 unutup menentukan tekanan neto dinding

- 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.
- 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.

- iv. Terapkan distribusi beban angin pada elemen struktur.



Tabel 2. 4. Besarnya Beban Angin (Dinding) Eksopoure B (Sumber: SNI 1727:2013)

V(mph) H(ft), L/B	110		115		120		130		140		160		180		200									
	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	48,0	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	59,3	49,5	63,9	63,1	57,6	87,5	86,1	78,9	116,1	113,8	104,5	149,9	146,5	134,7
	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	49,3	42,3	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	42,9	39,9	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	49,5	44,9	50,1	49,5	44,1	80,5	79,5	72,8	106,3	104,6	96,2	136,9	134,3	123,9
	24,0	23,9	19,9	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	136,2	134,0	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	79,9	73,9	103,9	102,9	94,8	136,6	134,6	123,9
	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	41,6	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	33,4	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

Tabel 2. 5. Besarnya Beban Angin (Dinding) Eksopoure C (Sumber: SNI 1727:2013)

V(mph)	110		115		120		130		140		160		180		200									
	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
	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
160	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	60	59,7	89,4	87,8	78,7	112,4	110,1	94,6
	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
140	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	50,4	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
	43,9	43,8	40,4	47,3	47,1	43,5	50,9	50,7	46,7	58,7	58,4	50,9	67,4	67	61,8	87,7	86,9	80,4	112,1	110,7	102,6	141	139,8	128,8
120	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
	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
	39,6	39,5	36,3	42,5	42,4	38,9	45,5	45,4	41,6	51,5	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
90	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
	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
	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
60	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
	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
	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
30	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
	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
20	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
	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

Tabel 2. 6 Besarnya Beban Angin (Dinding) Eksopoure D (Sumber: SNI 1727:2013)

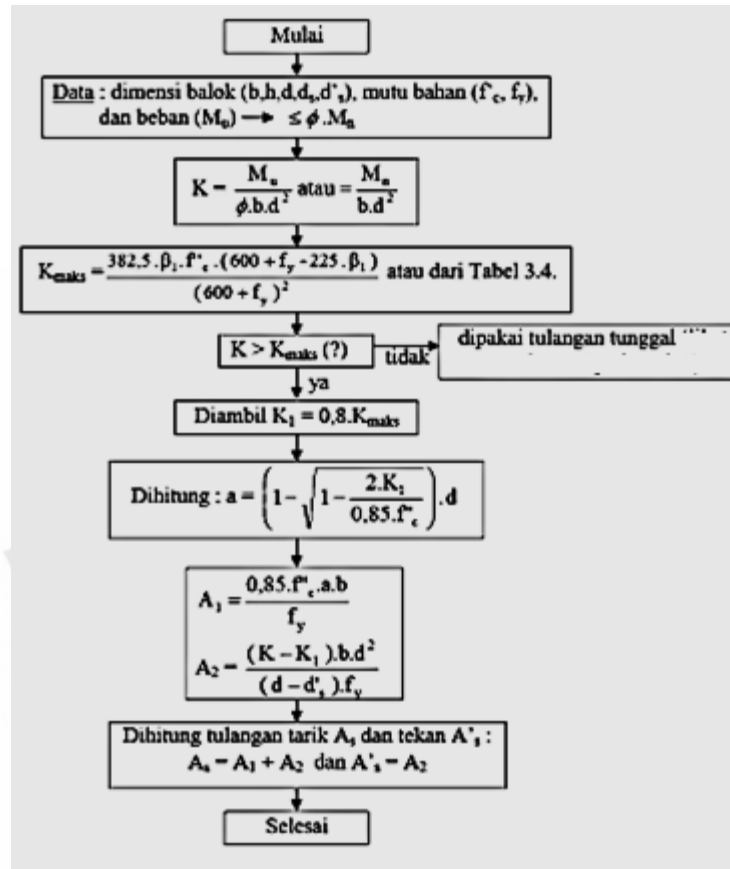
V(mph)	110		115		120		130		140		160		180		200										
	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2							
180	55,7	55,3	51,7	59,7	59,3	55,4	64	62,6	59,3	73,5	72,7	67,8	83,9	83	68,3	98,6	98	99,4	138,5	136,8	126,1	173,8	170	157,6	
	42,9	42,7	38,3	47,2	46,4	47,2	48,5	48,2	43	54,8	54,4	48,2	61,9	61,3	54,2	78,5	77,4	67,7	99,1	96,9	84,2	122,5	119,9	103,5	
	54,5	54,2	50,6	58,3	58	54,1	62,5	62	57,6	47,3	42,3	53,8	53,3	47,4	60,6	60,1	53,1	67,7	66,4	96,1	94,5	85,4	119,1	116,8	101,3
160	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	
	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	
140	51,6	51,4	48	55,1	54,9	51,2	58,9	58,6	54,6	67,1	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	
	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	116,3	135,3	
120	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	
	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	96,1	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	
	46	45,9	42,7	48,9	48,8	45,3	51,9	51,8	48	81,5	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
90	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	
	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	
80	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	
	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	
60	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	
	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	
50	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	
	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	
40	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	
	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	
30	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	

### 3. Kombinasi Pembebanan

Untuk keperluan desain, analisis dan sistem struktur perlu diperhitungkan terhadap kemungkinan terjadinya kombinasi pembebanan (Load Combination) dan beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan. Menurut “Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain” (SNI 1727:2013) sebagai berikut:

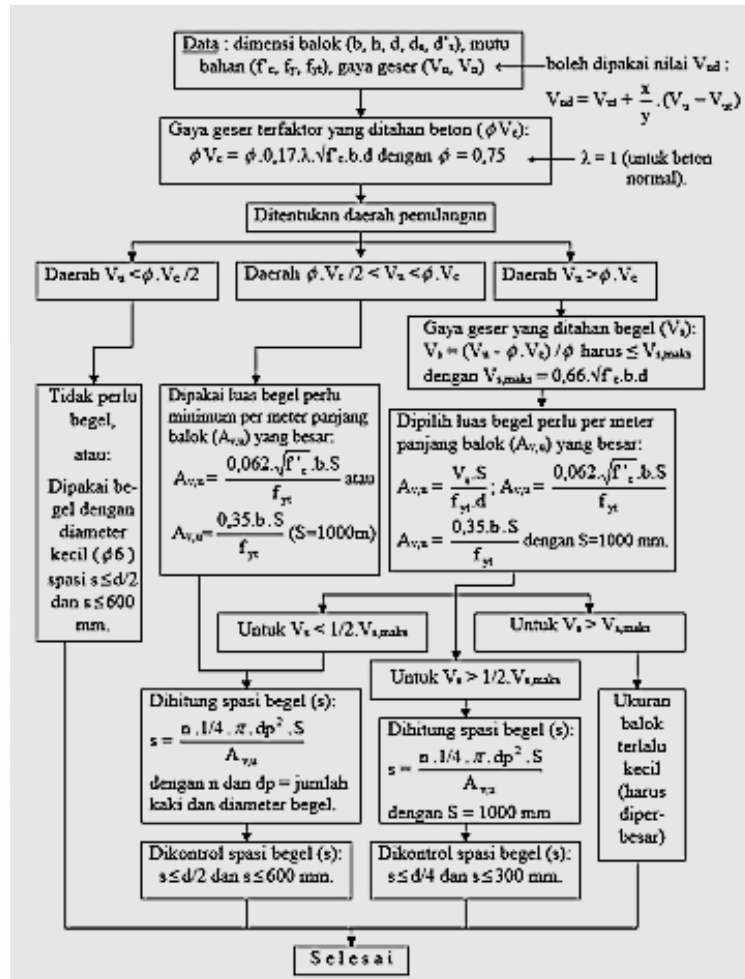
- a.  $1,4 D$
- b.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- c.  $1,2D + 1,6 ((Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W))$
- d.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- e.  $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
- f.  $0,9D + 1,0W$
- g.  $0,9D + 1,0E$

### C. Perencanaan Balok



Gambar 2. 5. Bagan Alir Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok  
(sumber: Asroni, 2017)





Gambar 2. 7. Bagan Alir Perencanaan Tulangan Geser

(sumber: Asroni, 2017)

Langkah-langkah perancangan balok sebagai berikut:

1. Menentukan  $f'_c$  dan  $f_y$  tulangan baja yang akan digunakan.
2.  $\rho = 0,01$
3. Menghitung  $R_n = \rho f_y \left( 1 - 0,59 \frac{\rho f_y}{f'_c} \right)$
4. Menghitung momen akibat beban terfaktor,  $M_u$

Diperkirakan momen akibat berat sendiri balok adalah 10% - 20% momen beban total.

$$d = \frac{\sqrt{M_u}}{0,9 R_n b_w}$$

6. Menentukan nilai  $h$  (pembulatan keatas kelipatan 50 mm) dengan:

- a. Tinggi balok minimum yang disyaratkan agar lendutan tidak diperiksa.
  - b. Bila  $h_{\text{aktual}} < h_{\text{min}}$  balok, lendutan perlu diperiksa sesuai dengan tabel 9.5(a) SNI 2847:2013.
  - c.  $b_w \geq 0,3 h$  atau  $b_w \geq 250 \text{ mm}$  (Pasal 21.5.1.3 SNI 2847:2013).
7. Menghitung kembali  $M_u$  dengan memasukkan berat sendiri balok, didapat  $M_u$  baru
8. Menentukan tulangan lentur dan geser

**a. Tulangan Lentur**

Berdasarkan pasal 21.5.2.2 SNI 2847:2013 Kekuatan momen positif pada muka join harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif (pada daerah desak tumpuan  $M_u = 0,5 M_u$  baru). Kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan (pada daerah tarik maupun desak lapangan  $M_u = 0,25 M_u$  baru).

$$R_n \text{ perlu} = \frac{M_u \text{ baru}}{0,9 b_w d}$$

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

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \text{atau} \quad \rho \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y}$$

untuk balok:  $\rho < 0,025$ . Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah (pasal 21.5.2.1 SNI 2847:2013).

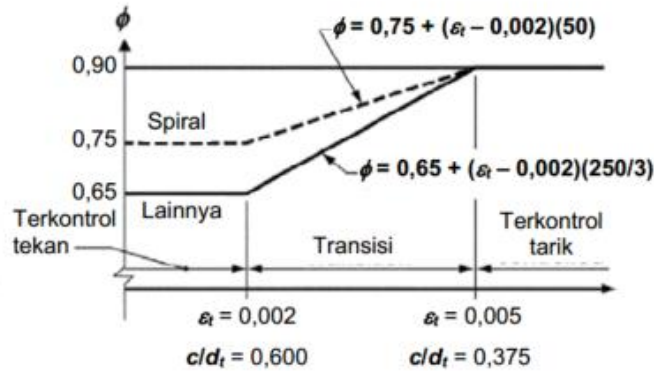
Luas tulangan yang diperlukan  $A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} b w d$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{luas 1 tulangan}}$$

Menentukan a dan c:  $a = \frac{A_s f_y}{0,85 x f' c b_w}$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

Menghitung  $\epsilon_t = 0,003 \left( \frac{d_t - c}{c} \right)$



Gambar 2. 8. Variasi  $\phi$

(sumber : pasal 9.3 SNI 2847:2013)

Memeriksa syarat  $\Phi M_n$  (momen desain)  $>$   $M_u$  baru (momen terfaktor)

### b. Tulangan geser

Pasal 21.5.4.1 SNI 2847:2013 menyatakan bahwa gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka join. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin,  $M_{pr}$ , bekerja pada muka-muka join dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi *tributary area* terfaktor sepanjang bentangnya.

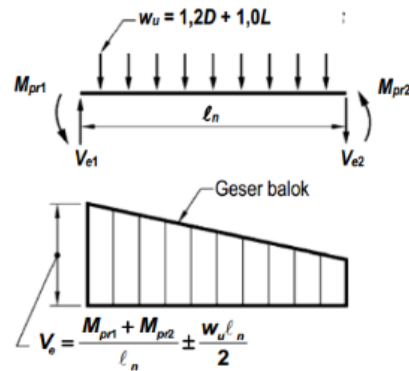
Nilai kuat lentur maksimum tulangan:

$$M_{pr} = A_s 1,25 f_y \left( d - 0,59 \frac{A_s 1,25 f_y}{f'c b_w} \right)$$

Dengan  $M_{pr}$  = kuat lentur maksimum tulangan

Gaya geser akibat gempa dihitung dengan persamaan:

$$V_c = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2}$$



Gambar 2. 9. Gaya Geser Desain

(sumber: Pasal 21.6.2.2 SNI 2847:2013)

Pasal 21.6.5.2 SNI 2847:2013 menyatakan bahwa pada daerah sendi plastis,  $V_c = 0$  bila keduanya terjadi:

- a. Gaya geser ditimbulkan gempa, yang dihitung mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam  $l_0$ .
- b. Gaya tekan aksial terfaktor,  **$P_u < A_g f'c / 10$**

Jika kontribusi geser dari beton  $V_c = 0$ , pasal 11.2.1.1 SNI 2847:2013 menetapkan kuat geser beton untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur sebagai berikut:

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c} b_w d$$

dengan  $\lambda = 1$  untuk beton normal.

Kuat geser nominal yang harus ditahan oleh tulangan geser dihitung dengan persamaan:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

dengan nilai  $V_s maks = \frac{2}{3} \sqrt{f'c} b_w d$

Spasi tulangan geser sesuai pasal 11.4.7.2 SNI 2847:2013 dihitung dengan persamaan:

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

menurut pasal 21.5.3.2 SNI 2847:2013, sengkang tertutup pertama harus ditempatkan < 50 mm dari muka komponen struktur. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari: menurut pasal 21.5.3.2 SNI 2847:2013, sengkang tertutup pertama harus ditempatkan < 50 mm dari muka komponen struktur. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a. d/4
- b. 6 kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama
- c. 150 mm

Menurut pasal 11.4.5.1 SNI 2847:2013, pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang kait gempapada dua ujungnya harus dipasang dengan spasi  $\leq d/2$

#### D. Perencanaan Kolom

Estimasi dimensi kolom ditentukan berdasarkan beban aksial yang bekerja diatas kolom tersebut. Beban yang bekerja meliputi beban mati dan hidup balok, pelat, serta berat dari lantai di atas kolom tersebut. Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan sengkang berdasarkan pasal 10.3.6.2 SNI 2847:2013:

$$\phi P_{n(\max)} = 0,8 \phi [0,85 f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

Dengan nilai  $\phi = 0,65$

##### **Kelangsingan kolom**

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

$$\frac{k l_u}{r} \leq 22$$

##### **Kuat lentur**

Kuat lentur yang dirancang harus memiliki kekuatan untuk menahan momen balok yang bekerja pada kedua arah. Momen minimal dirancang minimum 20% lebih besar dibanding momen balok di suatu hubungan balok-kolom untuk mencegah terjadinya leleh pada kolom yang di desain sebagai komponen pemikul beban lateral. Pada pasal 21.6.2.2 SNI 2847:2013, terdapat persamaan:

$$\Sigma M_{nc} > 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$\Sigma M_{nc}$  adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya-gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\Sigma M_{nb}$  adalah jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, dimana slab dalam kondisi tarik akibat momen-momen dimuka joint, tulangan slab dalam lebar slab efektif diasumsikan menyumbang kepada  $M_{nb}$  jika tulangan slab disalurkan pada penampang kritis untuk lentur.

### **Gaya geser rencana**

Berdasarkan pasal 21.5.4.1 SNI 2847:2013 Gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari kuat momen maksimum  $M_{pr}$  dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu di hubungan balok-kolom. Menurut pasal 11.1 SNI 2847:2013 tentang perencanaan penampang geser harus memenuhi:

$$\Phi V_n > V_u$$

Dimana  $V_u$  adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan  $V_n$  adalah kekuatan geser nominal yang dihitung dengan:

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana  $V_c$  adalah kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton dan  $V_s$  adalah kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser. Sesuai pasal 11.2.1.2 SNI 2847:2013, kuat geser yang disediakan oleh beton untuk komponen struktur yang dikenai beban aksial sebagai berikut:

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

dan

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

### **Tulangan Transversal Kolom**

Ujung-ujung kolom perlu cukup pengekanan untuk menjamin daktilitasnya bila terjadi pembentukan sendi plastis. Berdasarkan pasal 21.6.4.4 SNI 2847:2013, luas penampang total tulangan sengkang persegi ditentukan:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

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

Berdasarkan pasal 21.6.4.3 SNI 2847:2013, spasi tulangan transversal sepanjang  $l_o$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a.  $\frac{1}{4}$  dimensi komponen struktur minimum;
- b. Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil;
- c.  $s_0 = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$

Dengan  $100 \text{ mm} \leq s_0 \leq 150 \text{ mm}$ .