

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Dalam perencanaan konstruksi bangunan saat ini perencanaan dituntut untuk merencanakan bangunan yang daktail, yaitu yaitu bangunan yang dapat menahan respons spektrum yang diakibatkan oleh beban gempa yaitu yang dikenal sebagai rangka pemikul momen. Dalam zona 5 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan yang tinggi sehingga analisis strukturnya dapat direncanakan dengan metode sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Penelitian ini menggunakan sistem output program *ETABS* pada bangunan gedung BPJN XI berupa model struktur, dimensi penampang struktur serta gaya dalam yang diperlukan untuk diperiksa terpenuhinya kriteria perencanaan sambungan agar terciptanya *strong column weak beam*. (Jasuka Jan Sampakang, 2013).

Dengan banyaknya gempa yang terjadi di Indonesia maka perencanaan struktur gedung tahan gempa menggunakan baja menjadi salah satu solusi untuk mengurangi korban jiwa. Dalam perencanaan struktur gedung baja di daerah zona gempa tinggi menggunakan peraturan-peraturan baja (SNI 03-1729-2002) dan gempa (SNI 03-1726-2002) dengan menggunakan *software* SAP 2000 dan SCIA ENGINEER. Perencanaan atap dalam zona gempa tinggi digunakan profil WF 100×50×5×7, balok induk direncanakan menggunakan WF 350×250×9×14, balok anak menggunakan WF 350×175×7×11 serta kolom direncanakan menggunakan WF 400×400×15×15. (Makshal Faray Kuddah, 2012).

Kota Yogyakarta yang berkembang pesat baik dari segi bisnis maupun infrastruktur membuat kebutuhan rumah sakit meningkat. Oleh sebab itu akan di rencanakan sebuah gedung apartemen 3 lantai +1 *basement* dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) di wilayah tersebut. Struktur gedung yang direncanakan harus mempertimbangkan aspek keamanan, arsitektural dan ekonomi. Perencanaan gedung apartemen ini mengacu pada

standar peraturan (SNI) terbaru yang telah diterbitkan, yaitu SNI-1726:2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung). Perencanaan gedung ini mengacu pada struktur utama (struktur atas balok kolom dan struktur bawah) serta struktur atap baja dan struktur plat (plat lantai, dinding *basement* dan tangga). Perhitungan klasifikasi situs tanah termasuk kategori *SD* (tanah sedang), maka diperoleh nilai S_{DS} dan S_{D1} adalah 1,226 dan 0,448 sehingga klasifikasi Kategori Desain Seismik (KDS) untuk perencanaan ini termasuk KDS D (resiko gempa besar). Untuk kebutuhan perencanaan beban gempa pada gedung SRPMM, dipakai faktor keutamaan bangunan I_e dan nilai 1,0 (hunian, kategori resiko II) faktor modifikasi renspons (R) sebesar 5, faktor perbesaran defleksi (C_d) bernilai 2,5. Mutu beton yang dipakai f_c' 25 MPa, serta tulangan baja BJTB 400 MPa dan BJTB 240 MPa. Balok struktur direncanakan dengan dimensi 350/700 untuk lantai 1 dan 2, 300/600 untuk lantai 3 sampai dengan 4. Sedangkan untuk kolom direncanakan dengan dimensi 450/600 untuk lantai *basement* sampai dengan lantai 2 dan 300/500 untuk lantai 3 sampai dengan 4. Struktur bawah direncanakan memakai pondasi telapak dengan kedalaman 1m. (**Andy Rosyulianta Irfan, 2015**)

B. Landasan Teori

Baja struktur adalah suatu jenis baja yang berdasarkan pertimbangan ekonomi, kekuatan sifatnya, cocok untuk pemikul beban. (PADOSBAJOYO, 1994). Baja struktur banyak dipakai untuk kolom serta balok bangunan bertingkat, sistem penyangga atap, hanggar, jembatan, menara antena, penahan tanah, fondasi tiang pancang, dan lain-lain.

Beberapa keuntungan yang diperoleh dari baja sebagai bahan struktur yaitu baja mempunyai kekakuan cukup tinggi serta merata, menurut Kozai Club (1983) kekakuan baja terhadap tarik ataupun tekan tidak banyak berbeda dan bervariasi dari 300 MPa sampai 2000 MPa. Kekuatan yang tinggi ini mengakibatkan struktur yang terbuat dari baja mempunyai ukuran yang lebih kecil jika dibandingkan dari struktur lainnya. Oleh karena itu struktur cukup ringan sekalipun berat jenis baja tinggi. Dalam merencanakan suatu

bangunan terdiri beberapa tahapan antara lain yaitu pekerjaan pondasi, struktur bawah dan struktur atas. Dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu “Perencanaan Ulang Struktur Baja Menggunakan Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural” yang sesuai dengan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* (SNI 1729:2015) terdapat persyaratan umum untuk analisis dan desain struktur baja yang berlaku pada spesifikasi tersebut.

1. Ketentuan Umum

Desain dan komponen struktur dan sambungan harus konsisten dengan perilaku dimaksud dari sistem portal dan asumsi yang dibuat dalam analisis struktur. Kecuali dibatasi oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*, ketahanan terhadap beban lateral dan stabilitas bisa menggunakan setiap kombinasi komponen struktur dan sambungan.

2. Beban dan Kombinasi

Beban dan kombinasi beban yang ditetapkan berdasarkan SNI 1727:2013 *Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain*, serta SNI 1726:2012 *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non dan struktur lainnya* yang dibagi menjadi beberapa aspek yaitu :

a. Beban Mati (D)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektur dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran menurut SNI 1727:2013. Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 :

- | | |
|--|-------------------------|
| 1) Beton bertulang | : 2.400 kg/m |
| 2) Tebal dinding 20 cm (HB 20) | : 200 kg/m ² |
| 3) Penutup atap seng gelombang tanpa gordeng | : 10 kg/m ² |

b. Beban Hidup

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 dan beban mati menurut SNI 1727:2013. Beban hidup yang digunakan dalam perencanaan bangunan gedung atau struktur lain harus digunakan beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan seperti pada Tabel 2.1. merupakan beban hidup terdistribusi merata minimum.

Tabel 2.1. Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_0 dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat gambar 4.5	
Helipad	60 (2,87)de tidak boleh direduksi	e,t,g
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a,h}	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		2000 (8,90)
Ringan	125 (6,00) ^a	3000
Berat	250 (11,97) ^a	13,4
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus direncanakan untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunia		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^a	
Bangsas dansa dan ruang dansa	100 (4,79) ^a	
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat nonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^a	
Stadium dan tribun/area dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^a	
Rumah tinggal		
Hunia (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^l	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) ^m	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	

Sumber : SNI 1727:2013

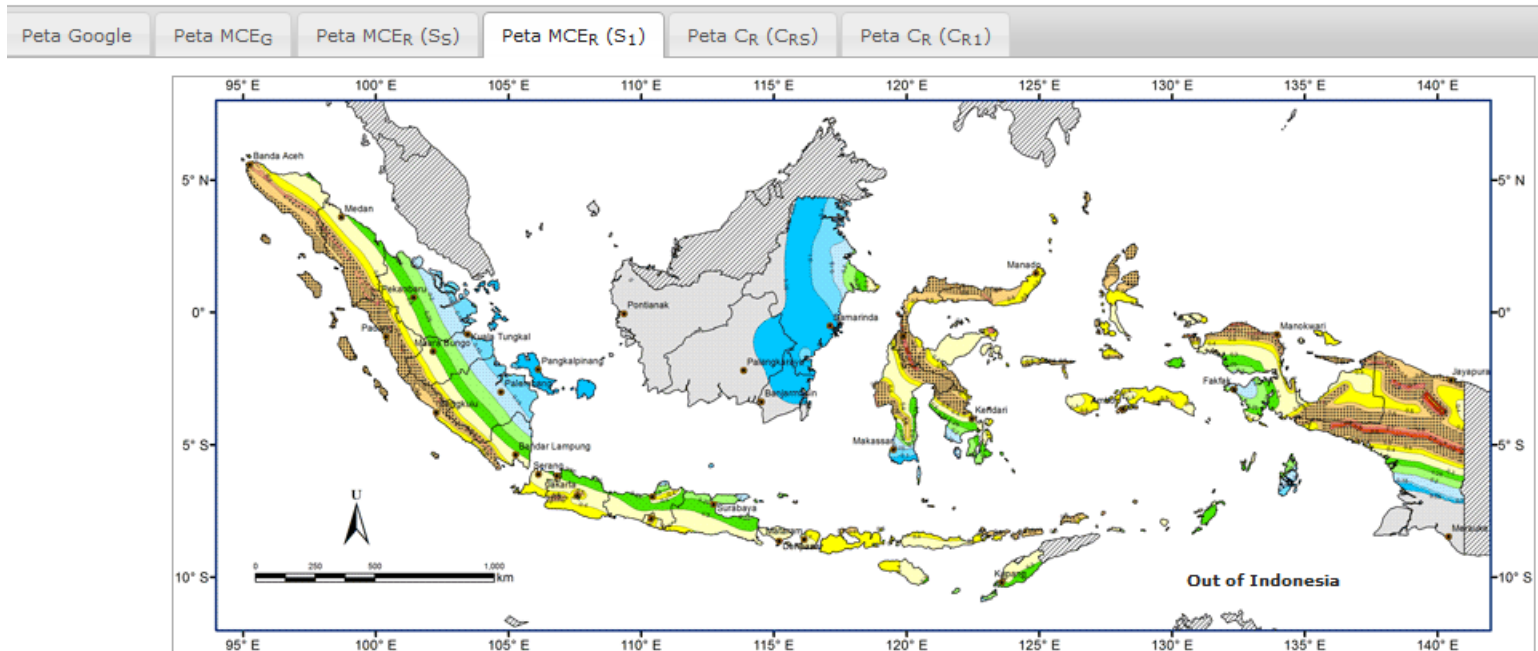
c. Beban Angin (W)

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987 beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 , ditentukan dengan mengalihkan tekanan tiup yang ditentukan. Tekanan tiup minimum harus diambil 25 kg/m^2 serta tekanan tiup dilaut dan tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2 .

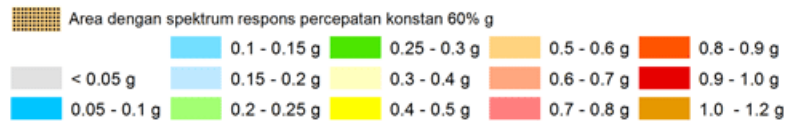
d. Beban Gempa (E)

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa bumi itu. Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa bumi. Menurut *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)* pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur lma bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 %. Indonesia merupakan salah satu negara yang memilik wilayah yang rawan terjadinya bencan gempa bumi karena posisi posisi geografisnya menempati zona tektonik yang sangat aktif dikarenakan tiga lempeng besar dunia dan sembilan

lempeng kecil yang saling bertemu di Indonesia membentuk jalur-jalur lempeng yang kompleks. Berikut merupakan peta zona gempa Indonesia.



KETERANGAN (S_1 , MCE_R):



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

PETA ZONASI GEMPA INDONESIA



Jakarta, Juli 2010
MENTERI PEKERJAAN UMUM,
[Signature]
DJOKO KIRMANTO

Gambar 2.2 Peta zonasi gempa Indonesia (S_1)

Sumber : (SNI 1726:2012)

1) 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 2.2. Klasifikasi situs

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan 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"> 1. rawan dan berpotensi runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, 2. lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah, 3. lempung sangat organik dan atau gambut (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$). Lapisan lempung lunak/ sedang teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < kPa$ 		
Catatan : N/A = tidak dipakai			

Sumber : SNI 1726:2012

Dengan nilai N harus ditentukan berdasarkan perumusan berikut :

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

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

N_i = tahanan penetrasi standar.

- 2) 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_{MI}) yang disesuaikan dengan klasifikasi situs yaitu sebagai berikut :

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

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

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

Tabel 2.4. Koefisien situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				
Catatan : 1. untuk nilai-nilai S_1 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) Paameter 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 :

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

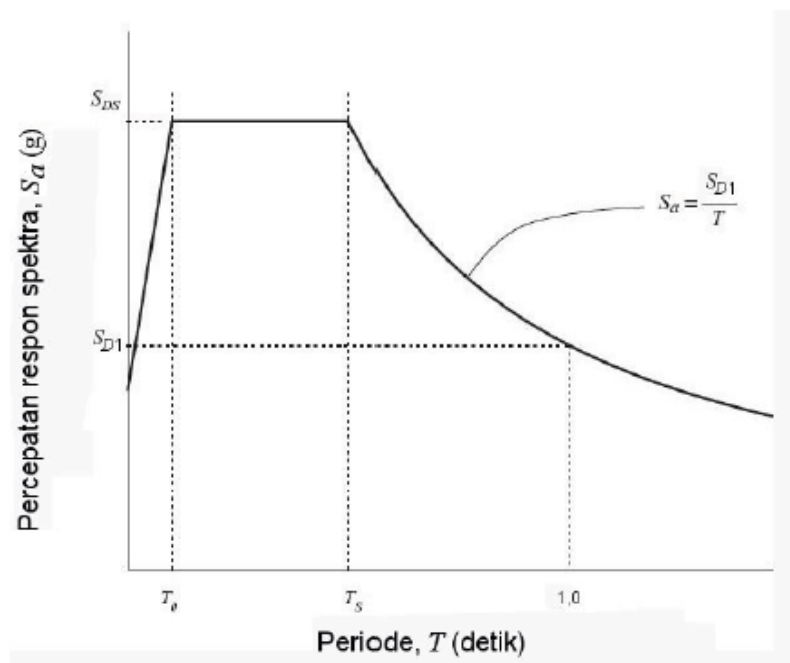
- b) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s spektrum respon perencanaan desain S_a sama dengan S_{D1} .
- c) Untuk periode lebih besar dari T_s spektrum respon desain S_a diambil seperti rumus berikut :

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

T : periode respon fundamental struktur.

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

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

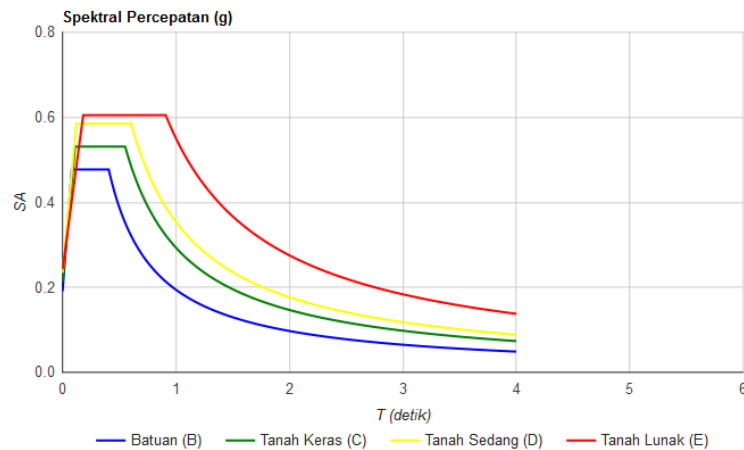


Gambar 2.3. Spektrum respons desain

(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 Cirebon

(Sumber : puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011)

5) Kategori desain seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki kategori desain seismik. Struktur dengan katagori resiko I, II, atau III. Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, berdasarkan spesifikasi tabel 2.6. dan tabel 2.7. terlepas dari nilai periode fundamental ggaran struktur T .

Tabel 2.5. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726:2012

Tabel 2.6. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai SD1	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD1 < 0,067$	A	A
$0,067 \leq SD1 < 0,133$	B	C
$0,33 \leq SD1 < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SD1$	D	D

Sumber : SNI 1726:2012

Berdasarkan tabel 2.6. dan 2.7. kita dapat mengetahui spesifikasi pemeliharaan sistem pemikul beban gempa yaitu berdasarkan tabel 3.8. Pemeliharaan sistem pemikul beban.

Tabel 2.7. Pemeliharaan sistem pemikul beban

Peraturan	Tingkat Resiko Kegempaan		
	Rendah	Menengah	Tinggi
SNI 1726:2012	KDS A,B	KDS C	KDS D, E, F
	SPRMB/M/K	SPRMM/K	SPRMK

Sumber : SNI 1726:2012

6) Kombinasi sistem perangkai dalam arah yang berbeda

Sistem penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d , dan Ω_0 harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur seperti pada tabel 2.8.

Tabel 2.8. R , C_d , dan Ω_0 untuk menahan gaya gempa

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons (R)	Faktor kuat-lebih sistem (C_d)	Faktor pembesaran defleksi (Ω_0)
Rangka baja pemikul mome khusus	8	3	5,5
Rangka baja dengan bresing konsentrik khusus	6	2,5	5
Rangka baja dengan bresing eksentrik	8	2	4

Sumber : SNI 1726:2012

7) Periode fundamental pendekatan

Periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik harus ditentukan dari persamaan berikut.

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (2.10)$$

Keterangan :

h_n adalah tinggi struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan berdasarkan tabel 2.9.

Tabel 2.9. Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral 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

Tabel 2.10. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

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

Sumber : SNI 1726:2012

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan

gaya gempa terdiridari penahan gaya rangka momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 meter.

$$T_a = 0,1N \quad (2.11)$$

Periode yang digunakan yaitu sebagai berikut :

- a) Jika $T_c > C_u T_a$ maka $T = C_u T_a$
- b) Jika $T_a < T_c < C_u T_a$ maka $T = T_c$
- c) Jika $T_c < T_a$ maka $T = T_a$

8) Gaya dasar seismik

Gaya dasar seismik V arah yang ditetapkan harus sesuai dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \times W \quad (2.12)$$

Keterangan :

C_s adalah koefisien respon seismik

W adalah berat saismik efektif

Untuk menentukan koefisien respon seismik C_s harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{l_e}} \quad (2.13)$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \frac{R}{T l_e}} \quad (2.14)$$

Syarat :

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

Bila $S_1 > 0,6g$

$$C_s \geq 0,5 S_1 \frac{l_e}{R}$$

9) Distribusi vertikal gaya gempa

Gaya gempa lateral (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (2.15)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2.16)$$

e. Beban Hujan

Menurut SNI 1727:2013 setiap bagian suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup.

3. Kombinasi Beban

Menurut SNI 1726:2012 struktur bangunan gedung dan non gedung dirancang menggunakan kombinasi pembebanan untuk metode tegangan ijin. Beban-beban di bawah ini harus ditinjau dengan kombinasi-kombinasi berikut untuk perencanaan struktur, komponen elemen struktur dan elemen-elemen fondasi berdasarkan metode tegangan ijin :

- a. D
- b. D + L
- c. D + (L_r atau R)
- d. D + 0,75L + 0,75(L_r atau R)
- e. D + (0,6W atau 0,7E)
- f. D + 0,75(0,6W atau 0,7E) + 0,75L + 0,75(L_r atau R)
- g. 0,6D + 0,6W
- h. 0,6D + 0,7E

4. Metode Load Resistance Factor Design

Berdasarkan metode LRFD, suatu struktur dikatakan aman apabila memenuhi syarat sebagai berikut :

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i \cdot Q_i \quad (2.17)$$

Dari persamaan diatas tahanan atau kekakuan sistem setruktur serata beban yang beban yang harus dipikul. Jika tahanan nominal R_n dikalikan faktor tahanan ϕ sehingga didapatkan tahanan rencana, akan tetapi jika beban dikalikan dengan faktor beban γ_i untuk mendapatkan jumlah beban terfaktor $\gamma_i \cdot Q_i$.

5. Perencanaan portal

a. Desain balok

- 1) Pemeriksaan kelangsingan penampang balok terdapat pada SNI 1729:2015 tabel B 4.16.

$$\frac{bf}{2 \times tf} \leq \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{fy}} \quad (2.18)$$

$$\frac{d}{tw} \leq \lambda = 2,45 \sqrt{\frac{Es}{fy}} \quad (2.19)$$

- 2) Pemeriksaan pengaruh tekuk lateral dan kuat lentur seperti pada pasal F2-5

$$L_{bmax} = 0,086 \times iy \times \frac{Es}{fy} \quad (2.20)$$

$$L_p = 1,76 \times iy \times \sqrt{\frac{Es}{fy}} \quad (2.21)$$

Cek kekuatan :

$$L_b \leq L_p$$

Maka momen nominal seperti pasal F2-1

$$M_n = M_p = Z_x b \times fy \quad (2.22)$$

Dengan nilai reduksi lentur $\Phi_b = 0,9$ maka rasio kapasitas lentur balok :

$$\text{Rasio momen} = \frac{M_u}{\Phi_b \times M_n} < 1 \quad (2.23)$$

- 3) Periksa kekuatan geser balok

$$\lambda_w = \frac{d}{tw} \quad (2.24)$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{L_b}{d}\right)^2} \text{ menurut pasal G2-6} \quad (2.25)$$

$$1,1 \sqrt{\frac{k_n \times Es}{fy}} \text{ menurut pasal G2-4} \quad (2.26)$$

Karena $\lambda_w \leq 1,1 \sqrt{\frac{kn \times Es}{f_y}}$ maka leleh terjadi pada plat badan.

Kuat geser nominal ditentukan berdasarkan pasar G3-1

$$V_n = 0,6 \times f_y \times (d \times t_w)$$

Dengan nilai reduksi geser $\Phi_s = 0,9$ maka rasio kapasitas geser balok :

$$\text{Rasio shear} = \frac{V_u}{\Phi_s \times V_n} < 1 \quad (2.27)$$

4) Pemeriksaan interaksi lendut dan geser

Pemeriksaan interaksi :

$$\frac{M_u}{\Phi_b \times M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\Phi_s \times V_n} < 1,375 \quad (2.28)$$

b. Desain kolom

1) Pemeriksaan kelangsingan penampang kolom

Untuk sayap :

$$\frac{bf}{2 \times tf} \leq \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{f_y}} \quad (2.29)$$

Untuk badan :

Jika $C_a \leq 0,125$

$$\frac{d}{t_w} \leq \lambda = 2,45 \sqrt{\frac{Es}{f_y}} (1 - 0,93 \times C_a) \quad (2.30)$$

Jika $C_a \geq 0,125$

$$\frac{d}{t_w} \leq \lambda = 0,77 \sqrt{\frac{Es}{f_y}} (2,93 - C_a) \geq 1,49 \times \sqrt{\frac{Es}{f_y}} \quad (2.31)$$

Dimana $P_y = A_s \times f_y$ (2.32)

$$C_a = \frac{p_u}{\Phi_c \times P_y} \quad (2.33)$$

2) Pemeriksaan kelangsingan elemen kolom

Kekuatan kolom dicek terhadap kekuatan aksial kecuali ada gaya lintang yang bekerja dalam bentang kolom tersebut.

$$L_{bmax} = 0,086 \times i_y \times \frac{E_s}{f_y} \quad (2.34)$$

3) Pemeriksaan kapasitas aksial kolom

a) Menentukan panjang efektif kolom

Dengan menggunakan Direct Analysis Method (DAM) maka

$$k_x = k_y = 1$$

$$\lambda_x = \frac{k_x \times L_b}{i_x} \quad (2.35)$$

$$\lambda_y = \frac{k_y \times L_b}{i_y} \quad (2.36)$$

b) Periksa tegangan lentur tekuk

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 \times E_s}{\lambda_y^2}$$

$$F_{cr} = 0,658 \frac{f_y}{F_{ey}} \times f_y \text{ pada pasal E3-2}$$

Maka kapasitas aksial kolom adalah :

$$\Phi P_n = \Phi_c \times F_{cr} \times A_s \quad (2.37)$$

$$\text{Rasio aksial} = \frac{P_u}{\Phi P_n} < 1 \quad (2.38)$$

6. Sambungan

Desain sambungan harus dirancang sesuai dengan kekuatan desain ΦR_n dan kekuatan yang diijinkan R_n/Φ . Gaya dan deformasi yang digunakan harus sesuai konsisten dengan kinerja sambungan yang direncanakan tersebut dan asumsi yang digunakan. Kekuatanperlu sambungan harus ditentukan oleh analisis struktur dan beban desain yang disyaratkan, atau merupakan proporsi kekuatan yang diperlukan dari komponen struktur yang disambung.