

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Uraian Umum

Pada pembangunan struktur gedung rumah sakit ini perlu dilakukan studi literatur untuk mengetahui hubungan antara susunan fungsional gedung dengan sistem struktural yang akan digunakan, disamping juga untuk mengetahui dasar-dasar teorinya. Pada jenis struktur gedung tertentu, perencanaan sering kali diharuskan menggunakan suatu pola akibat dari syarat-syarat fungsional maupun strukturnya. Pola-pola yang dibentuk oleh konfigurasi fungsional akan berpengaruh pada desain struktur yang digunakan.

2.2. Dasar Perencanaan

Peraturan – peraturan yang digunakan sebagai dasar perhitungan pada gedung ini adalah:

1. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727 - 2013).
2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 – 2019).
3. Persyaratan perancangan geoteknik (SNI 8460 – 2017).
4. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 1729 – 2015).
5. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847 – 2019).
6. Baja tulangan beton (SNI 2052 – 2017).
7. Spesifikasi beton struktural (SNI 6880 – 2016).

2.3. Struktur Bangunan Atas

2.3.1. Definisi

Struktur bangunan atas adalah seluruh bagian dari konstruksi yang berada di atas muka tanah. Struktur atas berfungsi menerima kombinasi pembebanan, yaitu beban mati, beban hidup, dan beban lainnya yang direncanakan akan bekerja pada

struktur. Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunanya.

2.3.2. Komponen Struktur Gedung Bagian Atas

1) Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (Total Collapse) seluruh struktur. Kolom berfungsi sebagai penerus beban dari keseluruhan struktur bangunan ke pondasi.

2) Balok

Balok adalah komponen struktur yang bertugas memikul beban yang disangga sendiri maupun dari pelat dan meneruskannya pada kolom. Balok menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya lenturan. Balok terdiri dari balok induk dan balok anak. Balok induk berfungsi membagi plat menjadi segment sebagai pengikat kolom yang satu dengan yang lain, sehingga plat menahan beban dari yang luas ke yang lebih kecil. Balok anak merupakan balok yang bertumpu pada balok induk yang menerima beban dari plat dan kemudian diteruskan ke balok induk.

3) Pelat Lantai

Pelat merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua atau satu arah saja tergantung sistem strukturnya. Apabila pada struktur pelat perbandingan bentang panjang terhadap lebar kurang dari 2, maka akan mengalami lendutan pada kedua arah sumbu. Beban pelat dipikul pada kedua arah oleh empat balok pendukung sekeliling panel pelat, dengan demikian pelat menjadi suatu pelat

yang melentur pada kedua arah. Dengan sendirinya pula penulangan untuk pelat tersebut harus menyesuaikan. Apabila panjang pelat sama dengan lebarnya, perilaku keempat balok keliling dalam menopang pelat akan sama. Sedangkan apabila panjang tidak sama dengan lebar, balok yang lebih panjang akan memikul beban lebih besar dari balok yang pendek (penulangan satu arah).

4) Dinding Geser (*Shear Wall*)

Dinding geser atau *shear wall* merupakan struktur berbentuk dinding dari beton bertulang yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktural, menahan gaya lateral jika terjadi gempa bumi, serta membantu meresap gaya geser yang besar. Umumnya dinding geser harus memiliki bukaan kira-kira 6% supaya tidak mengurangi kekakuannya. Pemasangan dinding geser bisa terletak di tepi gedung ataupun di tengah gedung. Dinding geser pada perletakan di bagian suatu gedung biasa dikenal sebagai inti struktur (*core-walls*) yang juga dipakai sebagai elevator.

5) Tangga

Tangga merupakan suatu komponen struktur yang terdiri dari plat, bordes dan anak tangga yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya. Tangga merupakan komponen yang harus ada pada bangunan berlantai banyak walaupun sudah ada peralatan transportasi vertikal lainnya, karena tangga tidak memerlukan tenaga mesin.

6) Atap

Atap adalah konstruksi paling atas sebuah bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh bagian bangunan yang ada dibawahnya terhadap pengaruh cuaca, suhu tekanan, dan debu. Material konstruksi atap sangat beraneka ragam yaitu kayu, baja, baja ringan (Galvalum), dan beton. Struktur atap terbagi menjadi rangka atap dan penopang rangka atap. Rangka atap berfungsi menahan beban dari bahan

penutup. Penopang rangka atap adalah balok kayu / baja yang disusun membentuk segitiga, disebut dengan istilah kuda-kuda.

2.3.3. Material / Bahan Struktur Gedung

Secara umum jenis-jenis material struktur yang biasa digunakan untuk bangunan gedung adalah sebagai berikut:

1) Struktur Baja (*Steel Structure*)

Struktur baja sangat tepat digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi, karena material baja mempunyai kekuatan serta daktilitas yang tinggi apabila dibandingkan dengan material-material struktur lainnya. Di beberapa negara, struktur baja tidak banyak dipergunakan untuk struktur bangunan rendah dan menengah, karena ditinjau dari segi biaya, penggunaan material baja untuk bangunan ini dianggap tidak ekonomis / mahal.

2) Struktur Beton Bertulang Cor Di Tempat (*Cast In Situ Reinforced Concrete Structure*)

Struktur beton bertulang ini banyak digunakan untuk struktur bangunan tingkat menengah sampai tinggi. Struktur ini paling banyak digunakan dibandingkan dengan struktur lainnya.

2.4. Beban yang Bekerja

Berdasarkan beban mati dan beban hidup yang ada, maka pada tiap lantai ditentukan beban yang diberikan berdasarkan PPIUG 1983.

A. Beban Mati dan Beban Hidup

- Berat sendiri beton bertulang : 2,4 kN/m²
- Beban mati tambahan (untuk pelat) : 3,73 kN/m²
- Beban adukan (tebal 3 cm) : 0,61 kN/m²
- Beban penutup lantai : 0,24 kN/m²
- Beban plafond dan penggantung : 0,18 kN/m²

- Mekanikal elektrikil : 0,20 kN/m²
- Beban dinding : 2,50 kN/m²
- Beban mati tambahan (untuk atap) : 1,00 kN/m²
- Beban adukan (tebal 3 cm) : 0,62 kN/m²
- Beban plafond dan penggantung : 0,18 kN/m²
- Mekanikal Elektrikal : 0,20 kN/m²
- Beban Hidup (R. Pertemuan) : 4,79 kN/m²
- Beban Hidup (Ruang Operasi) : 2,87 kN/m²
- Beban hidup ruang medis) : 2,50 kN/m²
- Beban Hidup (Koridor) : 3,83 kN/m²
- Beban hidup (R. Arsip, R. Komputer) : 4,79 kN/m²
- Beban hidup (Tangga dan Bordes) : 4,79 kN/m²
- Beban angin (dekat dari pantai) : 0,40 kN/m²

B. Beban Hujan

$$\text{Beban Hujan (R)} = 0,0098 (ds + dh)$$

Dimana:

ds = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam in. (mm).

dh = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam in. (mm).

ds + dh diambil 50 mm maka,

$$\begin{aligned} (R) &= 0,0098 (ds + dh) \\ &= 0,0098 * 50 \end{aligned}$$

C. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan berdasarkan SNI 1726-2019 untuk zona gempa daerah Gresik.

2.5. Prosedur Analisis Beban Gempa SNI 1726:2019

2.5.1. Menentukan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Bangunan dan struktur lainnya harus diklasifikasikan berdasarkan risiko bagi kehidupan manusia, kesehatan dan kesejahteraan yang terkait dengan kerusakan atau kegagalan bangunan. Setiap bangunan atau struktur lainnya harus ditegaskan untuk kategori risiko yang berlaku. Struktur harus memasukkan faktor penting yang berlaku pada Tabel 2.1 untuk berbagai risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, sesuai dengan Tabel 2.2 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e .

Tabel 2. 1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> – Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan – Fasilitas sementara – Gudang penyimpanan – Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> – Perumahan – Rumah toko dan rumah kantor – Pasar – Gedung perkantoran – Gedung apartemen/ rumah susun – Pusat perbelanjaan/ mall – Bangunan industri – Fasilitas manufaktur – Pabrik 	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> – Bioskop – Gedung pertemuan – Stadion – Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat – Fasilitas penitipan anak – Penjara 	III

<ul style="list-style-type: none"> - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber: Tabel 3 - SNI 1726 – 2019

Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor keutamaan gempa, Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: Tabel 4 - SNI 1726 – 2019

2.5.2. Menentukan Klasifikasi Situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 5 SNI 1726 - 2019 berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas (dibagi menjadi lapisan – lapisan dari nomor ke - 1 hingga ke - n dari atas ke bawah, sehingga ada total n-lapisan tanah yang berbeda pada lapisan 30 m paling atas tersebut). Hasil perhitungan mengklasifikasikan bahwa tanah pada struktur yang akan dibangun termasuk dalam kelas situs SE (Tanah Lunak).

Tabel 2. 3 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: 1. Indeks plastisitas, $PI > 2$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $su < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: – Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah – Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) – Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) – Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $su < 50$ kPa		

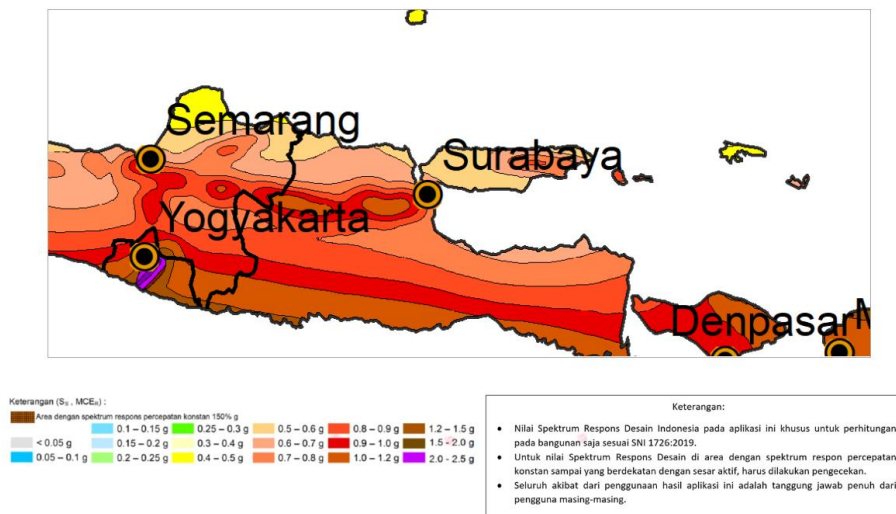
Sumber: Tabel 5 - SNI 1726 – 2019

2.5.3. Menentukan Wilayah Gempa dan Respon Spektrum

A. Parameter Percepatan Terpetakan

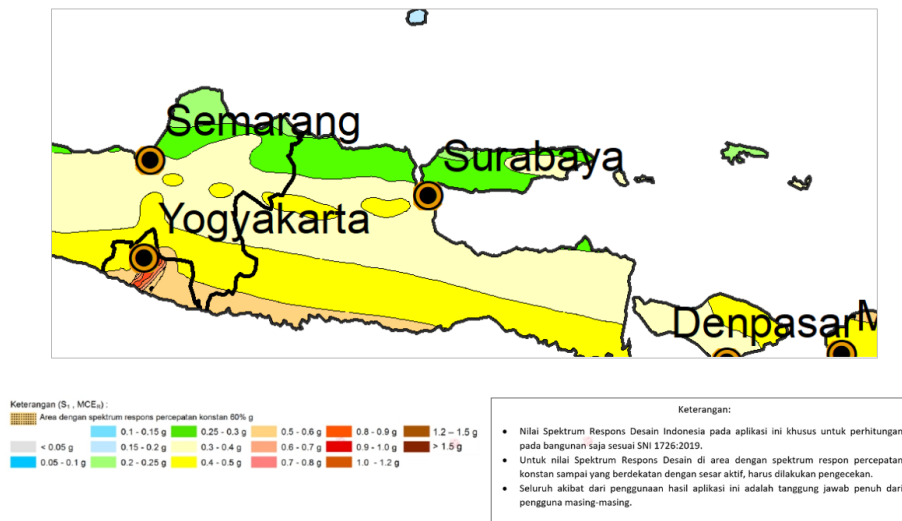
Setelah mengetahui klasifikasi situs dan mengetahui letak lokasi bangunan, langkah berikutnya yaitu mengetahui parameter percepatan batuan dasar periode pendek (S_s) dan percepatan batuan dasar periode 1 detik (S_1). Kedua parameter ini diambil dari peta gempa SNI 1726 - 2019.

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 9.14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.



Gambar 2. 1 Contoh Peta Parameter (Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek) Untuk Kota Gresik Dan Sekitarnya.

(Sumber: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>)



Gambar 2. 2 Contoh Peta Parameter (Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek) Untuk Kota Gresik Dan Sekitarnya.
(Sumber: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>)

B. Koefisien – Koefisien Situs dan Parameter Percepatan Gempa

Setelah mengetahui klasifikasi situs dan parameter percepatan batuan dasar, langkah berikutnya adalah menghitung koefisien atau parameter percepatan gempa berdasarkan kelas situs terdahulu dan nilai dari peta gempa supaya bisa didapatkan respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER).

Untuk menentukan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan factor amplifikasi sesimik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi factor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik (F_v) yang ditentukan oleh Tabel 2.4 dan Tabel 2.5 Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dari persamaan:

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

Dengan,

S_s = parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek.

S_1 = parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Tabel 2. 4 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber: Tabel 6 - SNI 1726 – 2019

Tabel 2. 5 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber: Tabel 7 - SNI 1726 – 2019

C. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) harus ditentukan melalui persamaan:

$$S_{DS} = 2/3 SMS$$

$$S_{D1} = 2/3 SM1$$

Keterangan:

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

S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

D. Spektrum Respon Desain

Apabila spektrum respon desain diperlukan oleh standar ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situstidak digunakan, maka kurva spektrum respon desain harus dikembangkan dengan mengikuti ketentuan berikut ini:

- 1) Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon percepatan desain (S_a) harus diambil daripersamaan (2-10):

$$S_a = SDS (0,4 + 0,6 (T/T_0))$$

- 2) Untuk perioda lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , makaspektrum respon percepatan desain (S_a) sama dengan SDS.

- 3) Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respon percepatan desain (S_a), diambil berdasarkanpersamaan (2-06):

$$S_a = S_{D1}/T$$

Keterangan:

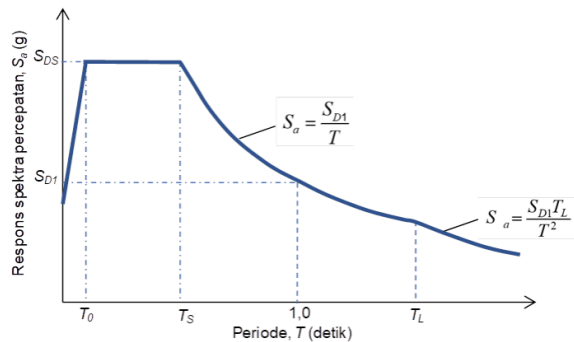
SDS = Parameter Respon Spektral Percepatan Desain Pada Perioda Pendek, 0,2 Detik

S_{D1} = Parameter Respon Percepatan Desain Pada Perioda 1 Detik

T = Perioda Getar Fundamental Struktur

T_0 = $0,2 S_{D1}/S_{DS}$

T_s = S_{D1}/S_{DS}



Gambar 2. 3 Spektrum Respons Desain
(Sumber: Gambar 3 - SNI 1726 - 2019)

2.5.4. Menentukan Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik berdasarkan SNI 1726 - 2019. Kategori desain seismik diperkenankan untuk ditentukan dari Tabel 2.6 dan Tabel 2.7, dengan menggunakan nilai S_{DS} dan S_{D1} . Nilai yang diambil adalah yang paling besar dari kedua KDS tersebut.

Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode Pendek, S_{DS}

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

Sumber: Tabel 8 - SNI 1726 – 2019

Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode 1 detik, S_{D1}

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

Sumber: Tabel 9 - SNI 1726 – 2019

2.5.5. Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R , C_d , Ω_0)

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam Tabel 2.8. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam Tabel 2.8. Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.8 harus digunakan dalam

penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Setiap sistem penahan gaya gempa yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku seperti terdaftar dalam Tabel 2.8 dan persyaratan tambahan yang ditetapkan dalam pasal 7.14 (Persyaratan perancangan dan pendetailan bahan)

Tabel 2. 8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^g	TI ^g	TI ^g
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ^h
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ	3½	3 ^o	3½	10	10	10	10	10

Sumber: Tabel 12 - SNI 1726 – 2019

2.5.6. Penentuan Periode Fundamental Struktur

A. Analisis Vibrasi Bebas

Analisis ini dimaksud untuk memeriksa waktu getar alami (time periode), partisipasi massa dan pola ragam gerak gedung yang terjadi. Persyaratan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

B. Pola Ragam Gerak

Hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya respons struktur gedung terhadap 13 pembebanan gempa yang dominan dalam rotasi, hasil analisis

menunjukkan tiga moda pertama, dimana mode pertama dan mode kedua (fundamental) berupa translasi dan mode tiga adalah kombinasi translasi dan torsi.

C. Pembatasan Waktu Getar Alami

Menurut peraturan pasal 7.9.1.1 SNI 1726-2019 waktu getar alami struktur dibatasi agar tidak terlalu fleksibel sehingga kenyamanan penghuni tidak terganggu khususnya untuk bangunan ini diharapkan cukup kaku. Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 100 % dari massa aktual dari masing-masing arah. Jika tidak tercapai tambahkan jumlah mode yang berkontribusi.

D. Penentuan Periode

Periode fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (CU) dan periode fundamental pendekatan (Ta). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur (T) diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan (Ta) yang ditentukan dengan persamaan:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dengan:

h_n adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas sampai tingkat tertinggi struktur, dan nilai parameter periode pendekatan C_t dan x ditentukan dalam Tabel 2.10.

Tabel 2. 9 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{DI}	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: Tabel 17 - SNI 1726 – 2019

Tabel 2. 10 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: Tabel 18 - SNI 1726 – 2019

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m,

$$T_a = 0.1N$$

N = jumlah tingkat.

Perioda fundamental struktur (T) yang digunakan:

$$\text{Jika } T_c > C_u, \quad \rightarrow T_a \text{ gunakan } T = C_u * T_a$$

$$\text{Jika } T_a < T_c < C_u \quad \rightarrow T_a \text{ gunakan } T = T_c$$

$$\text{Jika } T_c < T_a \quad \rightarrow \text{gunakan } T = T_a$$

Dengan, T_c = Perioda fundamental struktur yang diperoleh dari program analisis struktur.

2.6. Kombinasi Pembebanan

Setelah diketahui beban - beban yang bekerja pada element struktur maka dalam pendesainan element struktur perlu diperhitungkan terhadap kemungkinan terjadinya kombinasi pembebanan dari beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Nilai - nilai beban tersebut di atas dikalikan dengan suatu faktor magnifikasi yang disebut faktor beban, tujuannya agar struktur dan komponennya

memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap berbagai kombinasi beban. Konfigurasi kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726 - 2019, kombinasi pembebanan juga digunakan untuk mendapatkan pembebanan yang maksimum yang mungkin terjadi pada saat beban bekerja secara individual maupun bersamaan.

2.6.1. Kombinasi Beban Terfaktor dan Beban Ultimit

Komponen – elemen struktur harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban - beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan pasal 4.2.2.2 SNI 1726 -2019 untuk metode ultimit sebagai berikut:

Metoda Ultimate

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $0,9 D + 1,0W$

2.6.2. Kombinasi Pembebanan Pengaruh Beban Gempa Metode Ultimit

Apabila suatu struktur menerima pengaruh beban seismik, maka kombinasi-kombinasi beban berikut harus diperhitungkan bersama dengan kombinasi beban dasar di atas. Pengaruh beban seismik yang paling menentukan harus ditinjau, tetapi tidak perlu diperhitungkan secara bersamaan dengan beban angin. Kombinasi pembebanan gempa untuk setiap elemen struktur telah diatur dalam pasal 4.2.2.3 SNI 1726- 2019 untuk gempa ultimit. Dengan kombinasi dasar sebagai berikut:

Gempa Nominal:

6. $1,2 + E_v + E_h + L$
7. $0,9 D - E_v + E_h$

Gempa dengan kuat lebih:

6. $1,2 + E_v + E_{mh} + L$

7. $0,9 D - E_v + E_{mh}$

2.6.3. Kombinasi Beban Terfaktor Metode Tegangan Ijin

Beban-beban di bawah ini harus ditinjau dengan kombinasi-kombinasi berikut untuk perencanaan struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi. Beban angin dan beban seismik tidak perlu ditinjau secara bersamaan. Kombinasi pembebanan sesuai dengan pasal 4.2.3.1 SNI 1726 - 2019 untuk metode tegangan ijin sebagai berikut:

1. D

2. $D + L$

3. $D + (L_r \text{ atau } R)$

4. $D + 0,75 L + 0,75 (L_r \text{ atau } R)$

5. $D + 0,6W$

6. $D + 0,75(0,6W) + 0,75 L + 0,75 (L_r \text{ atau } R)$

7. $0,6D + 0,6W$

2.6.4. Kombinasi Pembebanan Pengaruh Beban Gempa Metode tegangan Ijin

Apabila suatu struktur menerima pengaruh beban seismik, maka kombinasi-kombinasi beban berikut harus diperhitungkan bersama dengan kombinasi beban dasar di atas. Kombinasi beban seismik yang harus digunakan adalah pasal 4.2.3.3 sebagai berikut:

8. $1,0D + 0,7E_v + 0,7E_h$

9. $1,0D + 0,525E_v + 0,525 E_h + 0,75L$

10. $0,6 D - 0,75E_v + 0,7E_h$

Apabila pengaruh beban seismik dengan kuat lebih:

8. $1,0D + 0,7E_v + 0,7E_{mh}$

9. $1,0D + 0,525Ev + 0,525 Emh + 0,75L$

10. $0,6 D - 0,75Ev + 0,7Emh$