

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Umum

Perencanaan struktur bangunan perlu beberapa teori mengenai analisa struktur, untuk mengetahui hubungan antara susunan fungsi gedung dengan struktur yang akan digunakan, teori ini berguna untuk mengetahui dasar-dasar dari perencanaan struktur. Dalam teori akan menggabungkan antara fungsi dan struktur sehingga mendapatkan struktur yang kuat dan bangunan berfungsi optimal. Tujuan utama dari struktur adalah memberikan kekuatan pada bangunan, seperti bangunan yang stabil, kuat awet, memenuhi fungsional dari bangunan. Bangunan yang stabil ditandai dengan bangunan tidak mudah terguling, miring atau dapat bergeser selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu gedung harus dapat bertahan dalam berbagai kondisi sesuai dengan lokasi bangunan dibangun baik yang ada di atas tanah maupun yang ada di dalam tanah.

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam penyusunan laporan ini penulis mendapat refrensi dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan. Berikut ini adalah refrensi peneletian terdahulu:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil
1.	Abdul Ahad Ghifar Ente, Marthin Dody Josias Sumajouw, Steenie Edward Wallah	Studi Komparasi Kinerja Gedung Bertingkat Sistem Ganda Pemikul Momen Khusus dan Menengah Kota Manado	2023	Perbandingan dimensi elemen balok, tebal dinding geser dan tebal pelat sistem ganda rangka pemikul momen menengah tidak lebih efisien daripada system ganda rangka pemikul momen khusus dikarenakan memiliki luas

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil
				dimensi yang sama pada model HRB, MRB dan LRB. Kemudian pada perbandingan dimensi elemen kolom sistem ganda rangka pemikul momen menengah lebih efisien daripada sistem ganda rangka pemikul momen khusus dimana pada model MRB tingkat efisiennya adalah 18.00%. Sedangkan pada model HRB dan LRB tingkat efisiennya adalah 0%
2	Muhamad Jalsa Maulana, Anggit Mas Arifudin, Fahrizal Musthofa Achyar	Studi Komparasi Hasil Desain Gedung A Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Semarang	2023	Perubahan dimensi kolom yang dikecilkan memengaruhi koefisien kestabilan struktur. Respon struktur berupa gaya geser dasar (base shear), lateral displacement, dan story drift, dari hasil perencanaan ulang dan existing

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil
				menunjukkan batas aman sedangkan perbandingan koefisien kestabilan struktur antara perencanaan ulang dengan existing tidak selalu lebih besar
3.	Priscillia Engelin Ester Ticoalu, Jorry D. Pangouw, Servie O. Dapas	Studi Komparasi Perhitungan Struktur bangunan dengan Menggunakan SNI 03-2847-2013 dan British Standard 8110-1-1997	2015	Dari hasil Perhitungan didapat bahwa metode SNI menghasilkan desain yang lebih ekonomis dibandingkan dengan metode British Standard. Dan dari hasil perhitungan balok, kolom dan plat diperoleh dimensi tulangan untuk balok, kolom, dan juga Plat lantai yang berbeda baik untuk SNI dan Untuk British Standar
4.	Desinta Nur Lailasari, Ari Wibowo, Dewi Nuralinah	Studi Komparasi Pereencanaan Gedung Tahan Gempa dengan menggunakan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012	-	Pada analisis gempa statis linier dengan model gedung 4 lantai, didapatkan hasil gaya geser nominal yang dihasilkan analisis

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil
				<p>statik ekivalen dan simpangan antar lantainya berdasarkan SNI 2012 lebih besar dibandingkan dengan SNI 2002. Serta kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 2012 memiliki koefisien yang lebih besar dibandingkan dengan SNI 2002 akibat dari pengaruh beban gempa.</p>
5.	<p>Muspidayani, Rifana S.S.I Kawet, nova A. r. A Mamarimbing</p>	<p>Studi Komparasi desain Bangunan Gedung Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726 – 2012 dan SNI 1726 - 2019</p>	2022	<p>Dengan melakukan perhitungan menggunakan mutu beton K-150 pada lantai 1, 2, 3, serta mutu K-300 pada lantai 4, 5, 6, 7, didapat bahwa balok pada bangunan kuat, akan tetapi batas ratio tulangan pada salah satu balok mutu K-150, melebihi batas rasio yang disyaratkan sehingga dapat menyebabkan terjadinya over</p>

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil
				<p>reinforced. Setelah dilakukan peninjauan perhitungan dengan mutu beton K-150 dan K-300, disimpulkan bahwa semua kolom kuat, ditunjukkan dengan hasil stress ratio kurang dari Stress ratio maksimum kolom bangunan tersebut, adalah 0,789, pada kolom dimensi (50 x 50) cm, dengan tulangan yang terpasang 16D22. Pada struktur pondasi setelah dilakukan peninjauan perhitungan didapatkan bahwa pondasi kuat menahan beban yang ada.</p>
6.	<p>Gege Surya, Retnotrimurtinin grum, Nurani Hartatik, Ahmad Ainur Rochman</p>	<p>Studi Komparasi Pengaruh Gempa Terhadap Gedung Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03- 1726-2012 dan SNI 03-1726-2019</p>	2021	<p>Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan nilai gaya geser dasar, simpangan dan simpangan antar</p>

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil
				lantai terhadap permodelan Gedung yang dianalisis dengan beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019
7.	Arzal M. Zain, Andi Rizal, Dewi Ayu Setiawati	Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa pada Variasi Resiko Gempa Sulawesi Tengah	2019	Pengaruh gempa pada kota-kota di Sulawesi Tengah sangat berpengaruh pada kebutuhan struktur terutama pada elemen kolom baik kebutuhan beton maupun kebutuhan tulangan.

(Sumber: Catatan Penulis)

2.3 Landasan Teori

Teori yang berkaitan dengan permasalahan dan ruang lingkup pembahasan sebagai landasan dalam pembuatan laporan skripsi sebagai berikut:

2.3.1 Perencanaan Struktur

Perencanaan struktur merupakan ilmu pengetahuan yang bercampur dengan seni dan dikombinasikan dengan ahli struktur mengenai perilaku struktur dengan dasar pengetahuan statistika. Perencanaan struktur bangunan diatur dalam aturan tertentu sesuai dengan Negara masing-masing seperti di Indonesia aturannya SNI, SNI mengatur tentang standart-standart pembangunan di Indonesia.

Perencanaan struktur suatu bangunan, akan melibatkan beberapa disiplin ilmu, tergantung pada fungsi dan tingkatan kompleksitas dari bangunan tersebut. Tahap awal biasanya dimulai dari perencanaan kawasan

secara umum yang melibatkan pihak arsitek, termasuk nanti sampai pada pembuatan gambar arsitektur yang lebih detail. Untuk survey lahan dan pemetaan topografi memerlukan dukungan dari pihak geodasi, dan dari pihak geoteknik untuk penyelidikan lapangan guna mendapatkan data tanah sebagai input perencanaan pondasi bangunan (Nawangalam, 2019).

Struktur bangunan dibagi menjadi 2 yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur bawah bangunan adalah struktur yang ada di dalam permukaan tanah seperti pondasi. Struktur atas bangunan adalah struktur yang berada di atas permukaan seperti kolom, balok, plat, tangga, atap, dan sebagainya. Komponen struktur memiliki fungsi yang berbeda-beda dalam sebuah struktur. Setiap struktur saling terhubung karena untuk menopang beban.

2.3.2 Pembebanan Struktur

2.3.2.1 Beban Mati

Menurut SNI 1727:2013 beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang. Beban mati dapat berupa mesin-mesin serta peralatan yang tetap dan tidak bisa dipisahkan dari gedung. Beban mati adalah beban yang bekerja kebawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti penutup lantai, alat mekanis, dan partisi. Berat dari elemen ini dapat ditentukan dengan mudah dengan derajat ketelitian yang tinggi.

Untuk menghitung besarnya beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material dilihat dari volume elemen yang akan dihitung. Volume suatu material dapat dihitung dengan mudah, tetapi pekerjaan ini membosankan karena dilakukan berulang-ulang. Berat satuan atau berat sendiri dari beberapa material konstruksi dan komponen bangunan dapat ditentukan dari peraturan yang berlaku di Indonesia yaitu Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987. Berat sendiri komponen bangunan untuk beban mati ditunjukkan pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Berat Sendiri Komponen Bangunan

No	Jenis (Konstruksi)	Berat Jenis	Satuan
1.	Berat penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50	Kg/m ²
2.	Berat plafond dan penggantung langit-langit	18	Kg/m ²
3.	Berat ½ pasangan bata	250	Kg/m ²
4.	Berat pasangan batu bata	450	Kg/m ²
5.	Berat penutup lantai dari keramik dengan adukan	30	Kg/m ²

(Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG), 1987)

Untuk beban mati akibat berat sendiri bahan bangunan dapat dilihat pada Tabel 2.3 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Beban Mati Akibat Berat Sendiri

No	Jenis (Bahan Bangunan)	Massa Jenis	Satuan
1.	Baja	7850	Kg/m ³
2.	Batu Alam	2600	Kg/m ³
3.	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500	Kg/m ³
4.	Batu karang (berat tumpuk)	700	Kg/m ³
5.	Batu pecah	1450	Kg/m ³
6.	Besi tuang	7250	Kg/m ³
7.	Beton	2200	Kg/m ³
8.	Beton bertulang	2400	Kg/m ³
9.	Kayu	1000	Kg/m ³
10.	Kerikil, Koran	1650	Kg/m ³
11.	Pasangan batu merah	1700	Kg/m ³
12.	Pasangan batu belah, batu bulat,	2200	Kg/m ³

No	Jenis (Bahan Bangunan)	Massa Jenis	Satuan
	batu gunung		
13.	Pasangan batu cetak	2200	Kg/m ³
14.	Pasangan batu karang	1450	Kg/m ³
15.	Pasir (kering udara)	1600	Kg/m ³
16.	Pasir (jenuh air)	1800	Kg/m ³
17.	Pasir, kerikil, koral	1850	Kg/m ³
18.	Tanah, lempung dan lanau (kering udara)	1700	Kg/m ³
19.	Tanah, lempung dan laanau (basah)	2000	Kg/m ³
20.	Tanah hitam (timbel)	11400	Kg/m ³

(Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG), 1987)

2.3.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung tersebut atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, contohnya seperti beban angin, beban gempa, beban hujan, beban banjir, atau beban mati (SNI 2013). Beban hidup juga dapat berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan penunjang gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

Besar beban hidup berubah-ubah, tergantung lokasi atau kegunaan bangunan, sehingga untuk menentukan beban hidup merupakan hal yang sangat sulit. Oleh karena itu dipakai suatu pendekatan secara statistik untuk menetapkan beban hidup ini, sebagai suatu beban statik terbagi merata yang secara aman dan ekuivalen. Untuk muatan hidup lantai bangunan dapat ditunjukkan pada Tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Muatan Hidup Lantai Bangunan

No	Jenis Konstruksi	Massa Jenis	Satuan
1.	Lantai dan tangga rumah tinggal,	200	Kg/m ²

No	Jenis Konstruksi	Massa Jenis	Satuan
	kecuali yang disebut dalam 2		
2.	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko atau ruang kerja.	125	Kg/m ²
3.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, restoran, hotel, dan asrama.	250	Kg/m ²
4.	Lantai ruang olahraga	400	Kg/m ²
5.	Lantai dansa	400	Kg/m ²
6.	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang alat-alat dan mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri minimum.	400	Kg/m ²
7.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan, tidak termasuk untuk pertemuan, tidak termasuk yang disebut dalam 1 hingga dengan 6 seperti gereja, ruang konser, ruang pertunjukan, ruang rapat, bioskop, dan sebagainya juga punggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400	Kg/m ²

(Sumber: *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG), 1987*)

Contoh beban hidup berdasarkan fungsi suatu bangunan ditunjukkan dalam Tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Beban Hidup Akibat Hunian

Ruang	Berat	Satuan
Ruang pabrik dan koridor yang melayani mereka	192	Kg/m ²
Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	479	Kg/m ²
Atap yang digunakan untuk taman atap	479	Kg/m ²
Ruang pertemuan	479	Kg/m ²
Lantai parkir	192	Kg/m ²
Tangga tetap	133	Kg/m ²
Jalur Akses Pemeliharaan	192	Kg/m ²
Ruang Mesin Elevator	133	Kg/m ²

(Sumber: SNI 1727-2013)

2.3.2.3 Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja akibat adanya tekanan dari gerak angin atau disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin sangat ditentukan dari lokasi dan ketinggian dari suatu bangunan. Persyaratan umum kriteria penentuan beban angin adalah sebagai berikut:

1. Beban Angin desain yang dipengaruhi oleh kecepatan angin dasar (V) dalam perancangan struktur gedung.
2. Kategori eksposur yang dipengaruhi oleh kekasaran permukaan tanah berdasarkan topografi alam, vegetasi, dan fasilitas dibangun.
3. Faktor arah angin (K_d) yang dipengaruhi oleh tipe struktur gedung yang akan dibangun.
4. Efek topografi (K_{zt}) yang dipengaruhi oleh perbedaan topografi.
5. Efek tiupan angin halaman jika suatu gedung yang dibangun adalah kaku, maka boleh diambil sebesar 0,85.
6. Faktor elevasi permukaan tanah (K_e) yang dipengaruhi oleh elevasi tanah di atas permukaan laut.

Simpangan antar tingkat izin dapat ditunjukkan pada Tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Simpangan Antar Tingkat Izin

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Sruktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	0,25 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

(Sumber: SNI 1729:2019)

2.3.2.4 Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban dalam arah horizontal dari struktur yang ditimbulkan oleh adanya gerakan tanah akibat gempa bumi, baik horizontal atau vertikal. Pada beberapa kasus umumnya gempa dalam arah vertikal lebih menentukan dari pada pengaruh arah horizontal (Setiawan, 2016).

Besarnya beban gempa pada struktur bangunan tergantung dari beberapa faktor, yaitu massa dan kekakuan struktur, waktu getar alami dan pengaruh redaman dari struktur, kondisi tanah wilayah kegempaan dimana struktur didirikan.

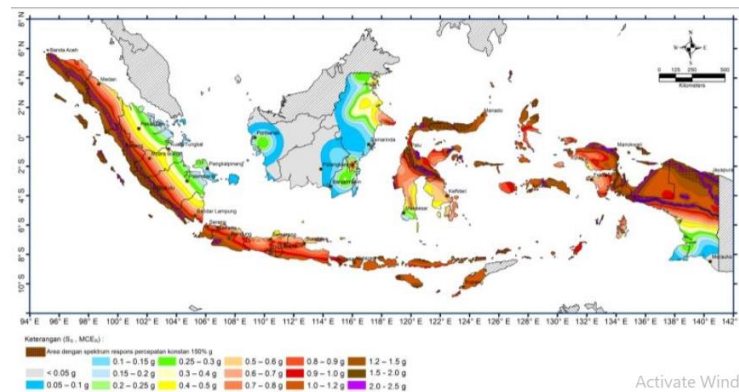
2.4 Perencanaan Gempa

Menurut SNI 1726:2019 perencanaan gempa menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatanya secara umum. Gempa

rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui sebesar selama umur struktur bangunan 50 tahun sebesar 2%.

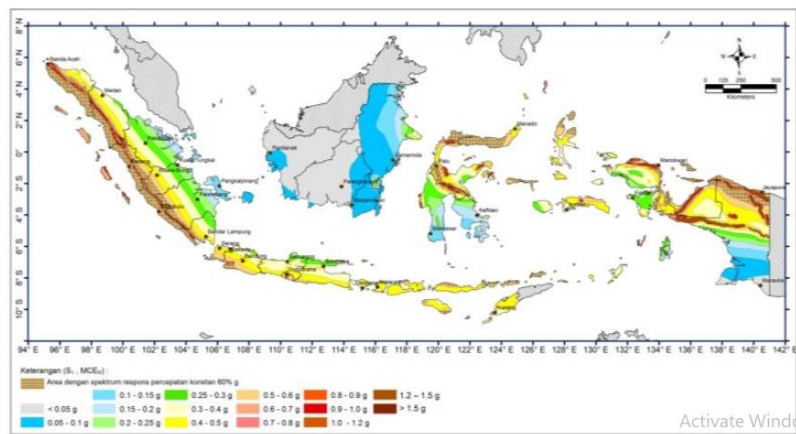
2.4.1 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

Wilayah gempa ditetapkan berdasarkan parameter S_s periode pendek 0,2 detik dan S_1 percepatan batuan dasar pada percepatan batuan dasar pada periode 1 detik. Wilayah gempa dibagi berdasarkan percepatan maksimum batuan dasar dan respon spektra di batuan dasar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 2.7 dibawah ini wilayah gempa di Indonesia adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 0,2 detik

(Sumber: SNI 1726:2019)



Gambar 2. 2 Wilayah Indonesia untuk Spekttrum respons 1 detik

(Sumber SNI 1726:2019)

Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, ditentukan dengan Persamaan 2.1 dan 2.2 sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} \quad (2.1)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} \quad (2.2)$$

Sedangkan nilai S_{MS} dan S_{M1} ditentukan dengan Persamaan 2.3 dan 2.4 sebagai berikut:

$$S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot S_s \quad (2.3)$$

$$S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot S_1 \quad (2.4)$$

Dimana:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek.

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Koefisien situs faktor implikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek, F_a dapat dilihat pada Tabel 2.7 sebagai berikut:

Tabel 2. 7 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_a) terpakai 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: SNI 1726:2019, Tabel 6)

Faktor implikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik, F_v dapat dilihat pada Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2. 8 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCEa) terpakai pada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1					
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s = 0,5$	$S_s \geq 0,6$
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: SNI 1726:2019, Tabel 5)

Berdasarkan nilai S_{DS} yang sudah ditentukan maka struktur dapat ditentukan maka struktur dapat ditetapkan dalam salah satu kategori desain seismic, sesuai Tabel 2.9 sebagai berikut:

Tabel 2. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

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

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 6)

Berdasarkan nilai S_{D1} yang sudah ditentukan maka stuktur dapat ditetapkan dalam salah satu kategori desain seismic sesuai Tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2. 10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} \leq 0,167$	A	A
$0,167 < S_{D1} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{D1} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 7)

2.4.2 Faktor Reduksi Gempa

Faktor Reduksi gempa adalah rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gempa elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur tersebut. Faktor reduksi gempa dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$1,6 \leq R = \mu \times fl \leq R_m \quad (2,5)$$

Dimana:

R = faktor reduksi gempa

μ = faktor daktilitas untuk struktur gedung

fl = faktor kuat lebih beban beton bertulang dan bahan 1,6

R_m = faktor reduksi gempa maksimum

Nilai R dan μ ditunjukkan pada Tabel 2.11 sebagai berikut:

Tabel 2. 11 Parameter Daktilitas Struktur Gedung

Taraf Kinerja Gedung	μ	R
Elastik Penuh	1,0	1,6
Daktail Parsial	1,5	2,4
	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4

Taraf Kinerja Gedung	μ	R
	4,5	7,2
	5,0	8,0
Daktail Penuh	5,3	8,5

(Sumber: SNI 1726:2012, tabel 6)

2.4.3 Kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan

Kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung ditunjukkan pada Tabel 2.12 sebagai berikut:

Tabel 2. 12 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk manusia, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, Peternakan, dan perikanan, - Fasilitas sementara, - Gudang penyimpanan, - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya. 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, II, III, IV termasuk tapi tidak dibatasi untuk</p> <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 resiko tinggi terhadap	III

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk</p> <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, - Bangunan untuk orang jompo. <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko 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 non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses penganganan, penyimpanan, penggunaan, atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana 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 non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental 	IV

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<ul style="list-style-type: none"> - 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 keadaan 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 energy dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 3)

Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan faktor keutamaan gempa *Ie* ditunjukkan pada Tabel 2.13 sebagai berikut:

Tabel 2. 13 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, <i>Ie</i>
I atau II	1,0
III	1,225
IV	1,50

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 4)

2.4.4 Kombinasi Pembebanan Gempa

Komponen struktur dan elemen pondasi harus didesain sedemikian rupa hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi pada Persamaan 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 Sebagai berikut:

$$1,4 D \quad (2.6)$$

$$1,2 D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \quad (2.7)$$

$$1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W) \quad (2.8)$$

$$1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \quad (2.9)$$

$$0,9 D + 1,0 W \quad (2.10)$$

$$1,2 D + Ev + Eh + L \quad (2.11)$$

$$0,9 D - Ev + Eh \quad (2.12)$$

2.5 Kolom

Menurut SNI 2847:2013 kolom adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melampaui 3 yang digunakan terutama untuk menumpu beban aksial. Kolom merupakan struktur yang paling penting karena apabila kolom mengalami kegagalan, maka berakibat keruntuhan struktur bangunan atas dari gedung secara keseluruhan (Ali Ansori, 2013). Menurut SNI 2002 adapun dasar-dasar dalam melakukann perhitungan kolom pada bangunan adalah sebagai berikut:

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. Adapun kombinasi pembebanan yang menghasilkan rasio maksimum dari momen terhadap beban aksial juga harus diperhitungkan dengan baik.
2. Pada sistem konstruksi rangka atau konstruksi menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar ataupun dalam harus ikut diperhitungkan. Demikian pula pengaruh beban eksentris (ganjil atau tidak wajar) karena sebab lainnya juga harus diperhitungkan.
3. Selanjutnya, dalam menghitung momen yang diakibatkan beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjauh kolom dapat dianggap terjepit selama ujung-ujung tersebut menyatu (monolit) terhadap komponen struktur lainnya.

4. Momen-momen yang bekerja pada setiap level lantai atau atap harus didistribusikan pada kolom di atas dan di bawah lantai berdasarkan pada kekakuan relatif kolom dengan ikut memperhatikan kondisi kekangan pada ujung kolom.

Fungsi kolom adalah untuk penerus beban seluruh beban ke pondasi. Beban sebuah bangunan yang dimulai dari atap akan diterima oleh kolom. Seluruh beban yang diterima oleh kolom kemudian didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya.

2.5.1 Jenis-Jenis Kolom

Menurut Wang (1986) dan Ferguson (1986) ada 3 jenis kolom yaitu sebagai berikut:

1. Kolom ikat (*tie column*)
2. Kolom spiral (*spiral column*)
3. Kolom komposit (*composite column*)

Disamping itu kolom beton bertulang dapat dibedakan menjadi 3 yaitu sebagai berikut:

- a. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral

Kolom ini merupakan kolom beton yang memiliki tulangan dengan batang tulangan pokok memanjang, yang jarak pada spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah latera. Tulangan ini berfungsi sebagai pemegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.

- b. Kolom menggunakan pengikat spiral

Pengikat tulangan pokok memanjang yakni tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus disepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberikan kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga bisa mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses distribusi momen dan tegangan terwujud.

- c. Struktur kolom komposit

Pada struktur komponen komposit komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.

2.5.2 Persyaratan kolom

Persyaratan menurut SNI 2847:2013 memiliki beberapa batasan untuk dimensi, tulangan, kekangan lateral dan beberapa hal lain yang berhubungan dengan kolom beton. Persyaratan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Dalam pasal 9.3.2.2, menjelaskan tentang batasan untuk faktor reduksi kekuatan diameter, yaitu sebesar 0,65 untuk sengkang persegi, dan diameter 0,75 untuk sengkang spiral.
2. Dalam pasal 10.9.1, menjelaskan persyaratan presentase minimum tulangan memanjang adalah 1%, dengan nilai maksimum 8%, terhadap luas total penampang kolom.
3. Dalam pasal 10.9.2, menjelaskan tentang banyak tulangan yang harus dipasang empat buah tulangan memanjang untuk kolom dengan sengkang persegi atau lingkaran, tiga buah untuk kolom segitiga, dan enam buah untuk kolom spiral.
4. Dalam pasal 7.10.5.2, menjelaskan tentang jarak vertikal sengkang atau sengkang ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan memanjang, 48 kali diameter sengkang/sengkang ikat, atau dimensi terkecil dari penampang kolom.
5. Dalam pasal 7.10.4, menjelaskan tentang sengkang spiral harus memiliki diameter minimum 10mm, dan jarak bersihnya tidak lebih dari 75mm, namun tidak kurang dari 25mm.

Persyaratan yang harus dipenuhi oleh desain kolom menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6 adalah sebagai berikut:

- a. Gaya aksial tekan terfaktor tidak boleh kurang dari persamaan 2.43 sebagai berikut:

$$A_g f' / 10 \quad (2.13)$$

- b. Dimensi penampang terpendek diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri tidak boleh kurang dari 300 mm.

Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0.4

Langkah-langkah untuk menganalisis kolom adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kekuatan bahan-bahan yang akan dipakai, rasio penulangan yang akan direncanakan.

2. Memeriksa kelangsingan kolom dengan persamaan berikut:

$$K = kl/r \quad (2.14)$$

Jika $K \leq 34-112 (M1/M2)$, maka efek kelangsingan dapat diabaikan, bila efek kelangsingan diperhatikan dapat menggunakan Persamaan 2.15, 2.16, 2.17 sebagai berikut:

$$El = \frac{Ec.Ig}{2,50.(1+\beta_d)} \quad (2.15)$$

$$Pc = \frac{\pi^2.El}{(kl)^2} \quad (2.16)$$

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{\phi Pc}} \quad (2.17)$$

3. Menentukan beban rencana terfaktor P_u
4. Menentukan luas kotor penampang kolom yang diperlukan A_g untuk penampang persegi menggunakan Persamaan 2.18 Sebagai berikut:

$$A_g = b \cdot h \quad (2.18)$$

Untuk penampang lingkaran menggunakan Persamaan 2.19 Sebagai berikut:

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (2.19)$$

5. Memilih bentuk dan ukuran penampang kolom
6. Menghitung beban yang dapat didukung oleh beton dan batang tulangan pokok memanjang, menentukan luas penampang batang tulangan baja memanjang yang diperluann, kemudian memilih batangan tulangan yang akan dipakai, untuk penampang persegi menggunakan Persamaan 2. Sebagai berikut:

$$\phi P_{nb} = \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y) \quad (2.20)$$

Jika $\phi P_{nb} > P_u$

$$m = f_y / 0,85 \cdot f_c \quad (2.21)$$

$$P_n = 0,85 f_c' \cdot b \cdot d \cdot ((h-2.e/2.d) + \sqrt{(h-2.e/2d)^2 + 2.m.p.(1-d'd)}) \quad (2.22)$$

Jika $\phi P_{nb} \leq P_u$

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{(d-d') + 0.50} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2 + 1,18}} \quad (2.23)$$

Jika $\phi P_n < P_u$ maka perencanaan diulang, untuk penampang lingkaran menggunakan Persamaan 2.24, 2.25, 2.26 sebagai berikut:

$$\phi P_{nb} = \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b_{ek} + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y) \quad (2.24)$$

Jika $\phi P_{nb} > P_u$

$$m = f_y / 0,85 \cdot f_c' \quad (2.25)$$

$$p_s = 2 \cdot A_s / A_g$$

Jika $\phi P_{nb} < P_u$

$$P_n = 0,85 f_c' D^2 \cdot (\sqrt{(0,85e/D-0,38)^2 + (p_s \cdot m \cdot D_s / 2,5D) - 0,85e/D - 0,38}) \quad (2.26)$$

Jika $\phi P_{nb} < P_u$ maka perencanaan diulang kembali

7. Merencanakan tulangan sengkang, untuk penampang lingkaran menggunakan Persamaan 2.27, 2.28, 2.28, 2.29, 2.30 adalah sebagai berikut:

$$D_c = D - 2 \cdot P_b \quad (2.27)$$

$$A_c = \frac{1}{4} \pi D_s^2 \quad (2.28)$$

$$\rho_s = 0,45 \cdot \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \cdot \frac{f_c'}{f_y} \quad (2.29)$$

$$s = \frac{4 \cdot A_s (D_c - d_s)}{D^2 (\rho_s)} \quad (2.30)$$

Untuk penampang persegi menggunakan Persamaan 2.31, 2.32, 2.33 adalah sebagai berikut:

$$A_c = (b - 2 \cdot P_b) \cdot (h - 2 \cdot P_b) \quad (2.31)$$

$$\rho_s = 0,45 \cdot \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \cdot \frac{f_c'}{f_y} \quad (2.32)$$

$$s = \frac{A_s \cdot 2 \cdot ((b - 2 \cdot P_b - d_s) + (h - 2 \cdot P_b - d_s))}{A_c^2 (\rho_s)} \quad (2.33)$$

2.6 Balok

Balok adalah struktur bangunan yang berfungsi menyelurkan beban ke kolom. Balok berfungsi sebagai penambah kekuatan pelat lantai, sebagai pengikat kolom, menyalurkan beban ke kolom, dan menambah kekuatan horizontal pada struktur bangunan.

2.6.1 Jenis-Jenis Balok

Berikut adalah beberapa jenis balok beserta penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Balok Sederhana

Balok sederhana merupakan balok yang bertumpu pada kolom di ujungnya, dengan satu ujung balok bebas yang berotasi dan memiliki momen tahan. Seperti struktur statis lainnya, nilai dari semua reaksi, pergeseran dan momen untuk balok sederhana adalah tidak tergantung bentuk dan materialnya.

2. Kantilever

Kantilever adalah balok yang diproyeksikan atau struktur kaku lainnya didukung pada satu ujung tetap. Kantilever menggunakan beban di ujung yang tidak disangga.

3. Balok Teritisan

Balok teritisan adalah balok sederhana yang memanjang melewati salah satu kolom tumpuan.

4. Balok dengan Ujung-Ujung Tetap

Balok dengan ujung-ujung tetap dibuat untuk menahan translasi dan rotasi. Ujung-ujung dari balok ini dikunci sedemikian kuat hingga tidak bergerak ataupun berotasi karena momen.

5. Bentangan Tersuspensi

Bentangan tersuspensi adalah balok sederhana yang ditopang oleh teritisan dari dua bentang dengan konstruksi sambungan pin pada momen nol.

6. Balok Menerus Atau Kontinu

Balok menerus memanjang secara menerus melewati lebih dari kolom tumpuan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan momen lebih kecil dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang sama.

Syarat balok harus memenuhi komponen struktur lentur, menurut SNI 2847-2013 pasal 2.15 syarat balok komponen struktur lentur adalah sebagai berikut:

- Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u tidak boleh melebihi $A_g f'_c / 10$
- Bentang bersih komponen struktur, l_n , tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
- Lebar komponen, b_w tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250mm .

Langkah-langkah menganalisis balok adalah sebagai berikut:

- Menghitung momen pikul (K) dapat ditunjukkan pada Persamaan 2.34, 2.35 sebagai berikut:

$$K = M_u / \phi \cdot b \cdot d^2 \text{ atau} \quad (2.34)$$

$$K = M_n / b \cdot d^2 \quad (2.35)$$

- Menentukan nilai K_{maks} dapat ditunjukkan pada Persamaan 2.36 sebagai berikut:

$$K_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta \cdot f_c' (600 + f_y \cdot \beta)}{(600 + f_y)^2} \quad (2.36)$$

Jika faktor momen pikul (K) > K_{maks} pada balok tidak boleh direncanakan dengan tulangan tunggal, karena akan terjadi over-reinforced. Keadaan ini dapat diatasi dengan 2 cara yaitu yang pertama pada balok dipasang tulangan tarik dan tekan atau yang kedua dimensi balok diperbesar. Dengan menggunakan Persamaan 2.37 di bawah ini:

$$d \text{ harus } \geq \sqrt{\frac{M_n}{b \cdot K_{maks}}} \quad (2.37)$$

Jika faktor momen pikul (K) $\leq K_{maks}$ maka dilanjutkan menghitung tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen (a) dengan Persamaan 2.38 Sebagai berikut:

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d \quad (2.38)$$

- Menghitung luas tulangan perlu dengan Persamaan 2.39, 2.40, 2.41 sebagai berikut:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y} \quad (2.39)$$

$$A_s = 1,4 \cdot b \cdot d / f_y \quad (2.40)$$

$$A_s = (\sqrt{f_c'} / a \cdot f_y) \cdot b \cdot d \quad (2.41)$$

Menentukan momen rencana balok (M_r), untuk menghitung diperlukan data yang berkaitan dengan dimensi (b , h , d , dan d_s), mutu bahan beton bertulang (f_c' dan f_y), dan tulangan longitudinal yang terpasang pada balok A_s .

2.7 Pelat Lantai

Pelat lantai adalah lantai yang tidak langsung terkena tanah, pelat lantai merupakan pembatas antara tingkat 1 dengan tingkat yang lainnya. Fungsi dari pelat lantai adalah sebagai pemisah antara lantai bawah dan lantai atas, sebagai pijakan penghuni di lantai atas, sebagai tempat menempatkan instalasi seperti kabel listrik dan lampu untuk ruang dibawahnya. Pelat lantai juga dapat meredam suara dari lantai atas maupun lantai bawah, selain itu pelat lantai juga berkontribusi pada kekakuan bangunan secara horizontal.

2.7.1 Jenis-Jenis Pelat

Pelat dapat dibedakan menjadi beberapa kategori yaitu:

1. Jenis Pelat berdasarkan bahan material penyusunnya adalah sebagai berikut:
 - a. Pelat lantai kayu, plat lantai kayu terbuat dari kayu dengan papan kayu berukuran lebar 20-30cm, tebal 2-3cm dan panjang yang disesuaikan.
 - b. Pelat lantai beton, pelat lantai beton bertulang dibuat dengan ketebalan minimal 12 cm untuk lantai dan 7 cm untuk atap. Pelat beton harus diisi dengan tulangan baja dan memperhatikan jarak ideal tuangan.
 - c. Pelat lantai kayu semen, terbuat dari potongan-potongan kayu berukuran 80-90 cm yang dicampur dengan semen.
2. Pelat berdasarkan tumpuannya adalah sebagai berikut:
 - a. Monolit yaitu pelat dengan balok cor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan.
 - b. Ditumpu dinding-dinding/tembok bangunan.
 - c. Didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit.
 - d. Pelat ditumpu kolom secara langsung yaitu pelat cendawan.
3. Pelat berdasarkan perletakan pelat
 - a. Terletak bebas, keadaan ini terjadi jika pelat diletakkan bbegini saja di atas balok atau antara pelat balok dan balok tidak di cor bersama-sama.
 - b. Terjepit elastis, keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, ukuran balok cukup besar, sehingga mampu untuk mencegah terjadinya rotasi pelat.

2.7.2 Pelat Satu Arah

Pelat beton yang memiliki perbandingan panjang antara bentang panjang terhadap bentang pendek lebih atau sama dengan dua dikategorikan sebagai pelat satu arah. Pada system pelat satu arah, hampir seluruh beban dilimpahkan dalam arah pendek (Setiawan 2016). Menurut SNI 2847:2019, batasan dalam perencanaan pelat satu arah adalah sebagai berikut:

1. Ketebalan minimum pelat satu arah dapat ditunjukkan pada Tabel 2.15 sebagai berikut:

Tabel 2. 14 Ketebalan Minimum Pelat Solid Satu Arah non Prategang

Kondisi Tumpuan	H Minimum
Tumpuan sederhana	1/20

Kondisi Tumpuan	H Minimum
Satu ujung menerus	1/24
Kedua ujung menerus	1/28
Kantilever	1/10

(Sumber: SNI 2847:2019, tabel 7.3.1.1)

Apabila nilai $f_y > 420\text{MPa}$, harus dikalikan dengan $(0,4+f_y/700)$

- Lendutan harus diperiksa apabila pelat memikul konstruksi yang akan mengalami kerusakan akibat lendutan yang besar.
- Selimit beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah.
- Luas tulangan minimum pelat satu arah dapat dilihat pada Tabel 2.16 sebagai berikut:

Tabel 2. 15 Luas minimum Pelat Saatu Arah

Tipe Tulangan	f_y MPa	$A_{s,min}$	
Batang Ulir	< 420	$0,0020 A_g$	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari:	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y} A_g$
			$0,0014A_g$

(Sumber: SNI 2847:2019, tabel 7.6.1.1)

- Spasi maksimum s untuk ulir harus kurang dari $3h$ dan 450 mm. spasi tulangan yang disyaratkan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari $5h$ dan 450 mm.

2.7.3 Pelat Dua Arah

Pelat dua arah merupakan elemen struktural yang memiliki perletakan karakteristik khusus dalam konstruksi beton bertulang. Pelat dua arah ditopang pada ke empat sisinya, distribusi beban menuju ke dua arah (arah x dan arah y), rasio panjang terhadap lebar (L/W) pada pelat dua arah kurang dari 2 ($L/W < 2$).

Menurut SNI 2847:2019, batasan dalam perencanaan pelat dua arah dapat ditunjukkan pada Tabel 2.17 sebagai berikut:

Tabel 2. 16 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang

fy MPa	Tanpa Drop Panel			Dengan Drop Panel		
	Panel eksterior		Panel Interior	Panel eksterior		Panel Interior
	Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi		Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
280	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
420	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
520	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34

(Sumber: SNI 2847:2019)

Dimana:

- ln adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm).
- fy dengan nilai diantara yang diberikan Dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi linier.
- Drop panel 100 mm.
- Pelat dengan balok diantara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika α kurang dari 0,8

2.8 Atap

Atap merupakan salah satu komponen penting pada bangunan karena berfungsi sebagai pelindung penghuni dari panas matahari, hujan, dan terpaan angin. Selain itu atap juga sebagai penambah nilai estetika dari sebuah bangunan. Struktur atap terbagi menjadi rangka atap dan penopang rangka atap. Rangka atap berfungsi menahan beban dari bahan penutup atap sehingga umumnya berupa susunan balok-balok secara vertikal dan horizontal, kecuali pada struktur atap dak beton.

2.8.1 Perencanaan Gording

Akibat dari beban yang bekerja, timbul momen pada atap yaitu sebagai berikut:

- Akibat beban mati dapat dihitung menggunakan persamaan 2.42 sebagai berikut:

$$M_x = 1/8 \cdot q \sin \alpha \cdot L^2 \quad (2.42a)$$

$$M_y = 1/8 \cdot q \cos \alpha \cdot L^2 \quad (2.42b)$$

- Akibat beban hidup dapat dihitung menggunakan persamaan 2.43 sebagai berikut:

$$M_x = 1/8 \cdot P \sin \alpha \cdot L^2 \quad (2.43a)$$

$$M_x = 1/8 \cdot P \cos \alpha \cdot L^2 \quad (2.43b)$$

Dimana:

M_x = momen arah x

M_y = momen arah y

L = jarak kuda-kuda

- Control tegangan lentur dapat dihitung menggunakan persamaan 2.44 sebagai berikut:

$$\sigma_{lt} = M_x/w_x + M_y/W_y \leq F_b' \quad (2.44)$$

Dimana:

σ_{lt} = tegangan lentur yang terjadi akibat beban

M = momen lentur

W = momen tahanan

F_b' = kuat lentur terkoreksi

$$W_x = I_x / (1/2 \cdot b) \text{ dengan } I_x = 1/12 \cdot b \cdot h^3 \quad (2.45)$$

$$W_y = I_y / (1/2 \cdot b) \text{ dengan } I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3 \quad (2.46)$$

- Kontrol lendutan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.47, 2.48, 2.49 sebagai berikut:

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_x \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_x \cdot L^3}{E \cdot I_x} \leq f_{izin} = \frac{1}{200} \cdot L \quad (2.47)$$

$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y \cdot L^4}{E \cdot I_y} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y \cdot L^3}{E \cdot I_y} \leq f_{izin} = \frac{1}{200} \quad (2.48)$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq f_{izin} \quad (2.49)$$

2.9 SAP2000

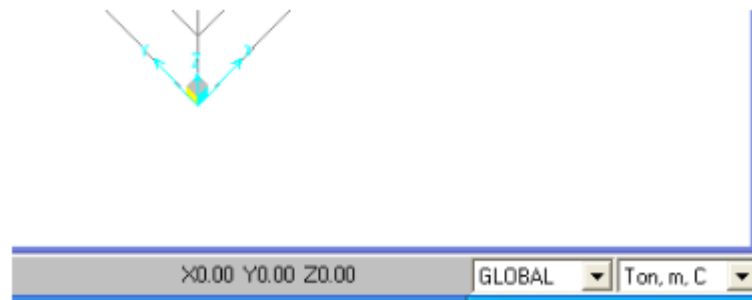
Program SAP2000 (*Structural Analysis Program 2000*) adalah perangkat lunak analisis dan desain struktur, seperti jembatan, bangunan, menara, stadion dan lain-lain. Software tersebut mempunyai tampilan yang hampir sama dengan ETABS karena dikembangkan oleh perusahaan yang sama yaitu CSI (*Computers and Structures, inc*) sejak tahun 1975. SAP2000 memiliki fitur-fitur canggih, seperti analisis linier dan nonlinier, desain seismik, desain podasi, dan analisis kinerja

struktur. SAP2000 juga memiliki antarmuka yang mudah digunakan dan dokumentasi yang lengkap.

Langkah-langkah dalam mengoperasikan Program SAP2000 (*Structural Analysis Program 2000*) adalah sebagai berikut:

1. Mendefinisikan Units

Sebelum memulai membuat model diawali dengan mengatur Unit/satuan, hal ini diperlukan agar mempermudah dalam menampilkan satuan secara seragam pada hasil yang dikerjakan.

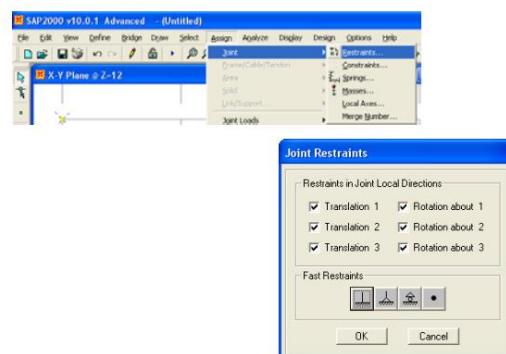


Gambar 2. 3 Menentukan Unit Satuan

Sumber: *Fikri (2017)*

2. Mendefinisikan Geometry/Membuat Model Struktur.

Geometri yang diartikan di sini adalah mencakup panjang bentang dalam arah X dan Y serta tinggi bangunan yang akan dimodelkan.

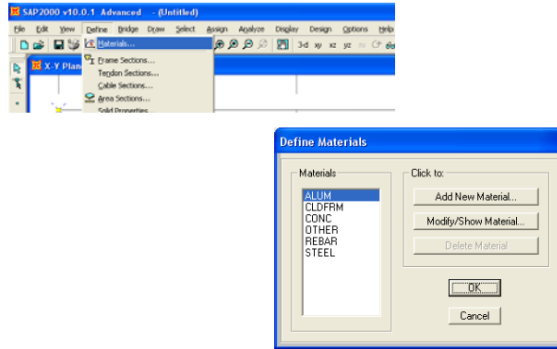


Gambar 2. 4 Membuat Model Struktur

Sumber: *Fikri (2017)*

3. Mendefinisikan Perletakan

Pendefinisian perletakan pada model struktur yang kita buat perlu dilakukan dengan menggunakan menu ini.



Gambar 2. 5 Mendefinisikan Perletakan

Sumber: *Fikri (2017)*

4. Menentukan Material.

Menentukan material dapat berupa material beton bertulang, baja, alumunium, dan lain lain sesuai kebutuhan.

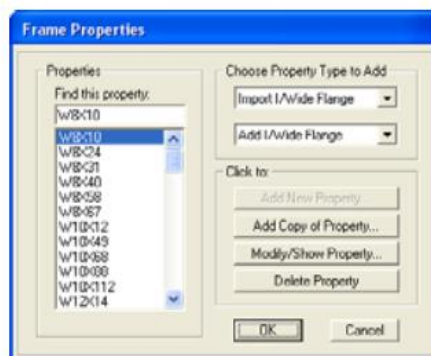


Gambar 2. 6 Menentukan Material

Sumber: *Fikri (2017)*

5. Menentukan Penampang.

Menentukan penampang menyangkut eelemen struktur yang kita butuhkan seperti balok, kolom, pelat dan lain-lain.

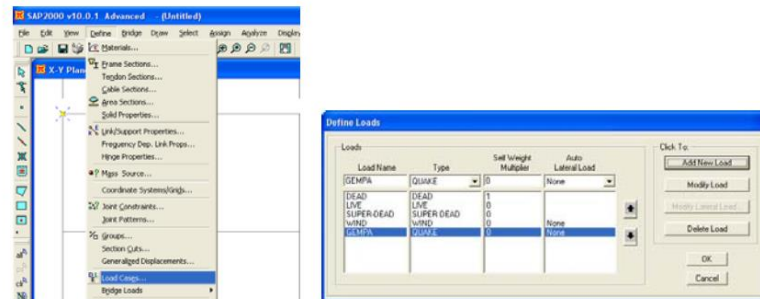


Gambar 2. 7 Menentukan Penampang

Sumber: *Fikri (2017)*

6. Menentukan Tipe Beban.

Menentukan tipe beban disini mencakup berat sendiri struktur, beban mati tambahan, beban hidup, beban angin, beban gempa, dan pengaruh alam lainnya yang bekerja pada model struktur yang akan dibuat.

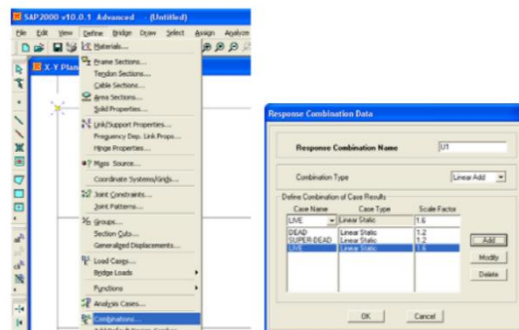


Gambar 2. 8 Menentukan Tipe Beban

Sumber: *Fikri (2017)*

7. Menentukan Kombinasi Beban.

Kombinasi beban dari masing-masing tipe beban yang telah kita tentukan sebelumnya dengan menggunakan load factor diperlukan untuk mengetahui pengaruh maksimum pada model struktur yang kita buat.



Gambar 2. 9 Menentukan Kombinasi Beban

Sumber: *Fikri (2017)*

8. Pengaplikasian Penampang.

Setelah membuat model strktur dan mendefinisikan material dan penampang, maka dapat mengaplikasikan kedalam model baru anda buat dengan men-select elemen.

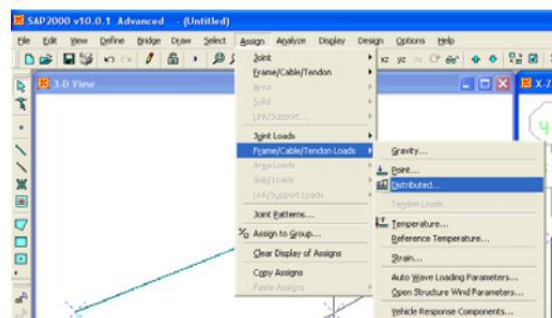


Gambar 2. 10 Pengaplikasikan Penampang

Sumber: *Fikri (2017)*

9. Mengaplikasikan Beban.

Setelah selesai menentukan jenis/tipe beban yang bekerja pada struktur, langkah selanjutnya menerapkan elemen-elemen struktur yang kita buat seperti pada balok, kolom maupun pelat.



Gambar 2. 11 Mengaplikasikan Beban

Sumber: *Fikri (2017)*

10. Menjalankan Program.

Dengan langkah-langkah sebelumnya, maka dapat melakukan program untuk memperoleh hasil.



Gambar 2. 12 Mengaplikasikan Beban

Sumber: *Fikri (2017)*

11. Melihat Hasil

Langkah terakhir adalah menampilkan hasil analisis dalam bentuk gaya seperti reaksi perletakan, gaya geser, momen, torsi, defleksi, dan lain-lain.



Gambar 2. 13 Melihat Hasil

Sumber: *Fikri (2017)*