

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Umum

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, Sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 45/PRT/M/2007 menjelaskan bahwa Struktur bangunan adalah elemen-elemen penting yang membuat bangunan dapat berdiri, seperti pondasi, dinding, atap, dan lantai. Elemen struktural merupakan komponen bangunan yang berfungsi menjaga kekokohan dan kestabilan struktur dalam menahan beban. Contoh dari elemen-elemen ini meliputi kolom, balok, pondasi, rangka atap, serta dinding geser. Bangunan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 45/PRT/M/2007 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Bangunan Gedung Negara. Berikut adalah tiga jenis bangunan berdasarkan tingkat kompleksitas:

1. Bangunan Sederhana

Klasifikasi bangunan sederhana adalah bangunan gedung negara dengan karakter sederhana serta memiliki kompleksitas dan teknologi sederhana. Masa penjaminan kegagalan bangunannya adalah selama 10 (sepuluh) tahun. Yang termasuk klasifikasi Bangunan Sederhana, antara lain:

- a. Gedung kantor yang sudah ada disain prototipenya, atau bangunan gedung kantor dengan jumlah lantai s.d. 2 lantai dengan luas sampai dengan 500 m².
- b. Bangunan rumah dinas tipe C, D, dan E yang tidak bertingkat.
- c. Gedung pelayanan kesehatan: puskesmas.

- d. Gedung pendidikan tingkat dasar dan/atau lanjutan dengan jumlah lantai sampai dengan 2 lantai

2. Bangunan Tidak Sederhana

Klasifikasi bangunan tidak sederhana adalah bangunan gedung negara dengan karakter tidak sederhana serta memiliki kompleksitas dan/atau teknologi tidak sederhana. Masa penjaminan kegagalan bangunannya adalah selama paling singkat 10 (sepuluh) tahun. Yang termasuk klasifikasi Bangunan Tidak Sederhana, antara lain:

- a. Gedung kantor yang belum ada disain prototipenya, atau gedung kantor dengan luas di atas dari 500 m², atau gedung kantor bertingkat lebih dari 2 lantai.
- b. Bangunan rumah dinas tipe A dan B; atau rumah dinas C, D, dan E yang bertingkat lebih dari 2 lantai, rumah negara yang berbentuk rumah susun.
- c. Gedung Rumah Sakit Klas A, B, C, dan D.
- d. Gedung pendidikan tinggi universitas/akademi; atau gedung pendidikan dasar/lanjutan bertingkat lebih dari 2 lantai.

3. Bangunan Khusus

Klasifikasi bangunan khusus adalah bangunan gedung negara yang memiliki penggunaan dan persyaratan khusus, yang dalam perencanaan dan pelaksanaannya memerlukan penyelesaian/teknologi khusus. Masa penjaminan kegagalan bangunannya paling singkat 10 (sepuluh) tahun. Yang termasuk klasifikasi Bangunan Khusus, antara lain:

- a. Istana negara dan rumah jabatan presiden dan wakil presiden;
- b. Wisma negara;
- c. Gedung instalasi nuklir;
- d. Gedung instalasi pertahanan, bangunan POLRI dengan penggunaan dan persyaratan khusus;
- e. Gedung laboratorium;
- f. Gedung terminal udara/laut/darat;
- g. Stasiun kereta api;
- h. Stadion olah raga;

- i. Rumah tahanan;
- j. Gudang benda berbahaya;
- k. Gedung bersifat monumental;

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis mengacu pada sejumlah penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Beberapa studi terdahulu tersebut disajikan pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Peneliti	Komperasi
1	Siva Naveen, Nimmy Mariam Abraham, Anitha Kumasari S.D.	2019	Analysis of Irregular Structure Under Earthquake Loads	Software yang digunakan pada penelitian ini adalah ETABS untuk menghitung Beban Gempa
2	Dina Nurianah,Ir Sumarman.,MT	2019	Analisis Struktur Gedung Rawat Inap Bedah RSUD Gunung Jati Kota Cirebon Tahap I	Acuan yang digunakan adalah SNI 1726 : 2012, SNI 1727 : 2013 dan SNI 2847 : 2013.
3	Apran Heri Yulianto	2021	Perencanaan Struktur Rumah Sakit Ibu dan Anak Lima Belas Lantai Di Colomadu Propinsi Jawa Tengah	Acuan perhitungan struktur yang digunakan adalah SNI 2847 : 2019 sedangkan acuan pembebanan menggunakan SNI 1727 : 2013 dan SNI 1726 : 2019.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Peneliti	Komparasi
4	Robinson Sijabat, Rahelina Ginting, Ricky Yohanes Marbun	2021	Evaluasi Struktur Atas pada Gedung Rumah Sakit Mitra Medika Medan – Sumatra Utara	Software yang digunakan SAP 2000 dan Acuan perhitungan struktur yang digunakan adalah SNI 2847 : 2013 sedangkan acuan pembebanan menggunakan SNI 1727 : 2013 dan SNI 1726 : 2012
5	Faza Tegar Parefi , Nawir Rasidi, Armin Naibaho	2022	Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan Universitas Islam Balitar Kota Blitar	Penggunaan Software <i>Robot Structural Analysis Professional 2019</i> dan <i>Autodesk Revit 2019</i> lebih efektif karena tidak perlu melakukan perhitungan struktur secara manual
6	Andini Caesar Oktavia, Nawir Rasidi, Sugiarti	2022	Perencanaan Struktur Gedung Virtual Office Soekarno Hatta Kota Malang Berbasis BIM	Penggunaan Software <i>Robot Structural Analysis Professional 2019</i> dan <i>Autodesk Revit</i>

				2019 yang Berbasis BIM
7	Arie Dwie Restiawan, Bayzoni, Hasti Riakara Husni, Mohd Isneni	2023	Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Pengaruh Beban Gempa Menggunakan Analisis Dinamik Respon Spekturum	Acuan perhitungan struktur yang digunakan adalah SNI 2847 : 2019 sedangkan acuan pembebanan menggunakan SNI 1727 : 2020 dan SNI 1726 : 2019.
8	Egrid Ayu Dyfiantifa , Nurjanah, Widha Ardhiansyah	2025	Perbandingan Analisa Struktur Beton Menggunakan <i>Aplikasi Robot Structural Analysis Professional</i>	Acuan perhitungan struktur yang digunakan adalah SNI 2847 : 2019 sedangkan acuan pembebanan PPIUG 1983
9	Shyva Farhani, Dila Rivana, Yongki Alexander Tanne	2024	Evaluasi Perubahan Desain Gedung Pada Tahap Konstruksi Terhadap Kapasitas Struktur	Software yang digunakan pada penelitian ini adalah SAP 2000 untuk melakukan analisis
10	Fathurozak Antonius, Sumirin	2024	Evaluasi Kinerja Desain Struktur Gedung ICU, PICU, dan NICU RSUD Suradadi Kabupaten Tegal	Metode <i>analisis numeric static non linier pushover</i> melalui pemodelan struktur dengan program SAP 2000, sedangkan evaluasi

				kinerja strukturnya mengacu pada FEMA 310 - 1998
--	--	--	--	--

(Sumber : Data Penulis)

2.3 Landasan Teori

Teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan dan ruang lingkup pembahasan sebagai landasan dalam penyusunan laporan skripsi adalah sebagai berikut :

2.4 Analisa Struktur

Menurut Ghali dan Neville (1985), tujuan dari analisis struktur adalah untuk memperoleh nilai reaksi tumpuan dan gaya-gaya dalam yang dihasilkan, dalam menganalisis struktur digunakan ketentuan yang jika keduanya dapat ditentukan hanya dengan persamaan statis, maka strukturnya statis. Sedangkan jika struktur memiliki jumlah gaya yang tidak diketahui lebih besar dari jumlah persamaan kesetimbangan, maka struktur tersebut statis tak tentu. Menurut Liong (1984), suatu sistem gaya-gaya dalam pada suatu struktur berada dalam keadaan seimbang jika nilai gaya resultan dan momen resultan yang bekerja pada suatu titik sama dengan nol. Analisis struktur bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai reaksi penempatan dan gaya dalam berupa momen lentur, momen puntir, gaya normal dan gaya transversal yang terjadi akibat gaya luar yang bekerja. Kondisi kesetimbangan statis yang kita ketahui adalah $V = 0$, $H = 0$, dan $M = 0$. Dalam melakukan analisis struktur perlu dilakukan analisis beban yang dipikul oleh struktur. Dalam konstruksi bangunan, jenis beban yang dipikul adalah beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

Perencanaan struktur merupakan perpaduan yang seimbang antara keahlian teknis dan keterampilan dalam bidang ini. Pengetahuan teknis yang dimiliki, ditambah dengan intuisi seorang ahli struktur terhadap perilaku sistem, didasarkan pada dasar-dasar ilmu statika, dinamika, mekanika bahan, serta analisis struktur. Tujuan utama dari perencanaan ini adalah menciptakan struktur yang tidak hanya efisien secara ekonomi, tetapi juga aman untuk digunakan. Dalam praktiknya, perencanaan struktur lebih banyak menekankan pada aspek seni dan sangat bergantung pada intuisi untuk menentukan ukuran serta susunan elemen-elemen struktur. Seiring waktu, pemahaman tentang perilaku struktur dan karakteristik material terus mengalami perkembangan yang signifikan. Perencanaan struktur telah ditingkatkan secara ilmiah. Perhitungan yang melibatkan prinsip-prinsip ilmiah menjadi landasan dalam pengambilan keputusan, walaupun demikian, tidak disarankan untuk dilakukan secara kaku. Pengalaman serta intuisi dari seorang pakar struktur yang berpengalaman menjadi elemen yang penting untuk melengkapi hasil perhitungan ilmiah dan membentuk pondasi yang kuat untuk pengambilan keputusan yang bijaksana. Dengan menggabungkan kedua aspek tersebut, perencanaan struktur dapat dilakukan dengan lancar. Memberikan hasil yang optimal dan berkelanjutan dengan efektif.

Dalam merencanakan sebuah struktur bangunan, pentingnya melibatkan beberapa disiplin. Penyebaran ilmu akan bersifat luas, tergantung pada kegunaan dan tingkat kompleksitas struktur. Biasanya, proses awal dimulai dengan perencanaan langkah-langkah secara umum yang melibatkan arsitek. Proses ini kemudian berkembang menjadi pembuatan gambar arsitektur yang lebih terperinci. Dalam hal angka lahan dan pemetaan. Dalam melihat topografi, dibutuhkan bantuan dari para pakar geodasi seiring dengan penyelidikan lapangan. Untuk mendapatkan data tanah yang diperlukan sebagai masukan dalam perencanaan pondasi bangunan. Terlibat dengan pihak geoteknik.

Struktur bangunan biasanya terbagi kepada struktur bawah (*lower*). Struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*lower structure*). Struktur bawah sudah melibatkan fondasi dan unsur struktural lainnya yang terletak di bawah tanah. Di sisi lain, Struktur atas melibatkan elemen-elemen seperti kolom,

balok, plat, dan tangga. Berada di atas permukaan bumi. Setiap komponen punya fungsinya masing-masing.

2.4.1 Pondasi

Menurut Hardiyatmo, H,C (2002;79), pondasi adalah komponen struktur terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan dibawahnya. Pondasi harus memenuhi persyaratan agar mampu menopang beban dengan baik tanpa melebihi kapasitas atau daya dukung tanah. Saat ini, ada banyak jenis dan material pondasi yang digunakan untuk menopang bangunan. Bahan pondasi biasanya terbuat dari bahan yang tahan terhadap cuaca dan kondisi tanah di lokasi pemasangan pondasi tersebut.

Bentuk dan strukturnya harus kuat dan kokoh agar bisa menopang beban bangunan di atasnya. Pondasi harus kuat dan tidak cepat rusak agar bangunan tidak rusak terlebih dahulu. Tidak mudah dipengaruhi oleh faktor-faktor luar seperti air atau tanah. Pondasi harus diletakkan di atas tanah yang kokoh agar posisinya stabil. Dalam memilih bentuk dan jenis pondasi yang tepat, beberapa hal perlu diperhatikan terkait pekerjaan tersebut. Ini karena tidak semua jenis pondasi cocok di semua lokasi. Berikut adalah beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan jenis pondasi:

1. Kondisi tanah sebelum dipasang pondasi.
2. Batasan-batasan yang disebabkan oleh konstruksi di atasnya.
3. Faktor yang mempengaruhi lingkungan.
4. Jam Kerja
5. Biaya
6. Tersedianya bahan untuk membuat pondasi di wilayah itu.

Pondasi memegang peran krusial dalam mendukung stabilitas dan keamanan bangunan dengan memastikan bahwasemua beban ditransfer dengan cara yang efektif dan merata ke tanah. Terdapat berbagai jenis pondasi yang digunakan berdasarkan jenis bangunan, kondisi tanah, dan beban yang harus ditanggung. Berikut ini merupakan macam-macam jenis pondasi.

1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah jenis pondasi yang ditanam pada kedalaman yang relatif dangkal di bawah permukaan tanah, umumnya tidak lebih dari 5-6 meter. Pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pendukung pada dasar pondasi terletak relatif jauh dari permukaan tanah/daya dukung tanah pada dasar bangunan lemah. Pondasi tapak biasanya digunakan untuk bangunan ringan dan sedang, seperti rumah tinggal, ruko, sekolah, dan bangunan komersial kecil. Pondasi Dalam

2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah jenis pondasi yang dirancang untuk mentransfer beban struktur bangunan ke lapisan tanah atau batuan yang berada jauh di bawah permukaan tanah, yang memiliki kapasitas dukung yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan tanah di dekat permukaan. Pondasi dalam terletak di bawah permukaan tanah dengan kedalaman sekitar 5 hingga 6 meter. Pondasi dalam ini digunakan apabila tanah dasar sebagai tempat peletakan pondasi tidak mempunyai dayadukung yang cukup untuk menahan beban yang bekerja di atas, atau apabila tanah dasar tersebut terletak sangat dalam di bawah permukaan tanah.

2.4.2 Sloof

Sloof adalah bagian dari bangunan yang berada di atas pondasi. Fungsinya adalah untuk menyalurkan beban ke seluruh pondasi, mencegah tekanan yang tidak merata, dan mencegah retakan. Fungsi lain penting sloof adalah mengunci dinding agar tidak mudah roboh saat terjadi pergeseran tanah. Sloof biasanya terbuat dari beton yang diperkuat dengan batang baja atau jaring. Baja atau kayu dapat digunakan dalam beberapa kasus, tergantung pada desain dan kebutuhan bangunan.

2.4.3 Kolom

Kolom merupakan bagian dari suatu kerangka bangunan yang menempati posisi terpenting dalam sistem struktur bangunan. Bila terjadi kegagalan pada kolom maka dapat berakibat keruntuhan komponen struktur lain yang berhubungan

dengannya, atau bahkan terjadi keruntuhan total pada keseluruhan struktur bangunan. Kolom merupakan elemen tekan yang juga memegang peranan penting dalam suatu konstruksi. Biasanya, kolom berbentuk vertikal, meskipun sebenarnya tidak selalu harus demikian. Dinding pemikul (load-bearing wall) pun dapat dianggap sebagai bentuk kolom yang diperluas menjadi bidang vertikal. Secara umum, kolom tidak mengalami pembebanan lentur secara langsung karena tidak terdapat beban yang bekerja tegak lurus terhadap sumbunya. Sistem konstruksi post and beam terdiri dari elemen struktur horizontal (balok) yang diletakkan di atas dua elemen struktur vertikal (kolom), dan telah digunakan sejak zaman dahulu. Dalam sistem ini, balok dan kolom secara sederhana berfungsi sebagai komponen utama dalam struktur bangunan. (Istimawan 1999)

Elemen struktur kolom yang memiliki nilai perbandingan kecil antara panjang dan dimensi penampang melintangnya disebut kolom pendek. Kapasitas tergantung pada panjang kolom. Kolom pendek akan gagal jika beban berlebihan. Dengan begitu, kapasitas memikul beban maksimum tergantung pada kekuatan bahan yang digunakan. Semakin panjang elemen tekan, proporsinya akan berubah sampai elemen menjadi langsing. Elemen yang langsing memiliki perilaku yang berbeda dengan elemen tekan yang pendek. Elemen tekan panjang akan tetap mempertahankan bentuknya secara linier ketika bebannya ringan dan saat bebannya bertambah. Ketika beban mencapai batas tertentu, elemen struktur dapat kehilangan kestabilannya secara tiba-tiba dan mengalami perubahan bentuk sebagaimana terlihat pada ilustrasi. Inilah yang menjadi penyebab terjadinya fenomena tekuk (buckling) pada elemen struktur seperti kolom. Setelah kolom mengalami tekukan, ia tidak lagi mampu menahan beban tambahan. Bahkan sedikit penambahan beban saja dapat menyebabkan elemen tersebut runtuh. Kapasitas beban maksimum pada kolom ditentukan oleh besarnya beban yang menyebabkan kolom mulai mengalami tekuk.

Struktur yang sudah mengalami tekuk tidak dapat berfungsi dengan baik lagi. Tekuk terjadi ketika suatu elemen struktur tidak stabil karena dipengaruhi oleh beban. Ini disebut sebagai fenomena tekuk yang menyebabkan kegagalan pada struktur. Kegagalan bisa terjadi pada berbagai material karena ketidakstabilannya.

Ketika tekukan terjadi, gaya internal bisa menjadi rendah. Fenomena tekuk terkait dengan tingkat kekakuan elemen struktur. Elemen dengan kekakuan rendah cenderung lebih mudah mengalami tekuk daripada elemen dengan kekakuan tinggi. Semakin panjang elemen struktur, semakin kecil kekakuannya.

Fenomena tekuk umumnya mengakibatkan penurunan kemampuan elemen tekan dalam menahan beban. Pada kolom pendek, beban maksimum yang dapat ditahan ditentukan oleh kegagalan material, bukan oleh tekuk. Nilai beban ini dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1 berikut :

$$P_y = A \cdot F_y \quad (2.1)$$

Dimana :

A = Luas penampang kolom

F_y = Tegangan leleh material

Berdasarkan kelangsingan kolom dibedakan menjadi dua yaitu pada Persamaan (2.2) dan Persamaan (2.3) berikut :

a. Kolom bergoyang

Diman kolom tersebut dikatakan kolom langsung apa bila terpenuhi

$$\frac{kL_u}{r} > 22 \quad (2.2)$$

b. Kolom tak bergoyang

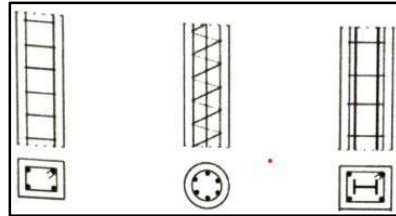
$$\frac{kL_u}{r} > 34 \frac{12M_1}{M_2} \quad (2.3)$$

(Sumber: SNI 2847:2019)

Kolom dibedakan menjadi beberapa jenis menurut bentuk dan susunan tulangan, serta letak atau posisi beban aksial penampang kolom. Disamping itu juga dapat dibedakan menurut ukuran panjang pendeknya kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateral. Jenis kolom berdasarkan bentuk dan susunan dibedakan menjadi 3 macam, yaitu sebagai berikut:

- a. Kolom segi empat, berbentuk empat persegi panjang atau bujur sangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang.
- b. Kolom bulat dengan tulangan memanjang dan sengkang spiral.
- c. Kolom komposit, kolom yang terdiri dari beton dan profil baja structural yang berada di dalam beton.

Jenis-jenis kolom dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1. Jenis - Jenis Kolom

2.4.4 Balok

Balok adalah elemen struktural yang menerima gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya momen lentur dan gaya geser sepanjang bentangnya (Dipohusodo, 1994). Balok merupakan elemen struktural yang menyalurkan beban-beban dari pelat lantai ke kolom sebagai penyangga vertikal. Pada umumnya balok dicor secara monolit dengan pelat dan secara struktural dipasang tulangan di bagian bawah dan di bagian atas. Dua hal utama yang dialami oleh balok ialah gaya tekan dan gaya tarik, antara lain karena adanya pengaruh lentur ataupun gaya lateral.

Menurut Dipohusodo (1994) balok dibagi menjadi beberapa jenis balok yaitu

1. Balok Berdasarkan Tulangan

a. Balok Beton dengan Tulangan

Beton memiliki kelebihan yaitu dapat menahan gaya desak yang cukup tinggi tetapi memiliki kekurangan yaitu kemampuannya dalam menahan gaya tarik yang begitu rendah. Sedangkan besi atau baja memiliki kelebihan yaitu mampu menahan gaya tarik yang begitu tinggi tetapi memiliki gaya tekan yang rendah. Kedua hal inilah yang mencoba dikombinasikan dengan cara membuat balok dengan memberikan tulangan terutama bagian bawah karena gaya tarik terbesar yang dialami balok terjadi pada bagian bawah

b. Balok Beton tanpa Tulangan

Balok semacam ini dibuat untuk bagian struktural yang tidak begitu penting dan hanya menahan gaya tekan saja karena beton memiliki kelebihan yaitu mampu menahan gaya tekan yang begitu tinggi tetapi memiliki kekurangan dalam menahan gaya Tarik

2. Balok Berdasarkan Fungsinya

a. Balok Lantai

Balok lantai adalah suatu balok yang menumpang pada balok anak dan balok induk dalam suatu struktur lantai serta menumpu pelat lantai

b. Balok Lintei

Balok lintei adalah suatu balok yang dibuat di atas kusen pintu atau jendela yang berfungsi untuk menopang dan mentransfer beban dinding di atasnya menuju ke dinding yang lainnya sehingga tidak ditahan oleh kusen pintu atau jendela yang mengakibatkan kusen jendela atau pintu menjadi rusak.

c. Balok Spandrel

Balok Spandrel adalah suatu balok yang mendukung dinding luar bangunan yang dalam beberapa hal dapat juga menahan sebagian beban lantai. Balok spandrel dapat dibentuk lurus horizontal maupun melengkung

d. Balok Anak dan Balok Induk

Balok anak dan balok induk pada sistem lantai mempunyai fungsi untuk mendukung plat lantai, dimana plat lantai bisa terbuat dari papan kayu, plat baja, dan beton

e. Balok Struktur Atap

Balok struktur atap terdiri dari balok ring, balok kasau, dan balok reng dimana balok gording mempunyai fungsi untuk mendukung balok kasau, titik balok kasau mendukung balok reng sedangkan balok reng mempunyai fungsi untuk menumpu genteng yang berada di atasnya.

Desain tinggi balok minimum sesuai dengan SNI 2847 ; 2019 ditunjukkan pada Tabel 2.2 sebagai berikut ini.

Tabel 2.2 Tinggi minimum balok nonprategang

Kondisi perlekatan	h minimum
Tumpuan sederhana	$\ell/16$
Menerus satu sisi	$\ell/18,5$
Menerus dua sisi	$\ell/21$
Kantilever	$\ell/8$

(Sumber : SNI 2847 ; 2019)

2.4.5 Pelat

Pelat beton yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya pelat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku dalam suatu struktur. Pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Pelat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan, pelat lantai juga dapat ditemukan pada jembatan, pelabuhan, dan lain sebagainya. Pelat lantai adalah struktur yang pertama kali menerima beban, baik itu beban mati maupun beban hidup yang kemudian disalurkan ke sistem struktur rangka yang lain. (Asroni, 2010)

Fungsi pelat lantai secara umum adalah untuk pemisah antara lantai bawah dengan lantai atas, untuk tempat berpijak diatas lantai, untuk menempatkan sistem kelistrikan pada ruang bawah, meredam suara dari ruang atas maupun ruang bawah, dan dapat menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal. Sedangkan secara spesifik fungsi pelat dari beton dibandingkan pelat lantai bahan konstruksi lainnya adalah mampu menahan beban besar, menjadi isolasi suara yang baik, tidak dapat terbakar dan lapis kedap air, dapat dipasang tegel untuk keindahan lantai, dan merupakan bahan yang kuat, awet, tidak perlu perawatan dan dapat berumur panjang.

Pelat solid non-prategang, yang tidak didukung atau terhubung dengan partisi atau struktur lain yang dapat mengalami kerusakan karena deformasi yang signifikan, harus memiliki ketebalan total minimal yang tidak boleh kurang dari batas yang ditetapkan. Ketebalan minimum plat solid satu arah nonprategang untuk f_y dengan berat normal dan $f_y = 420$ Mpa disajikan pada Tabel 2.3 di bawah ini :

Tabel 2.3 Ketebalan minum pelat solid satu arah nonprategang

Kondisi Suatu Tumpuan	h minimum
Tumpuan sederhana	$\ell/20$
Satu ujung menerus	$\ell/24$
Kedua ujung menerus	$\ell/28$
Kantilever	$\ell/10$

(Sumber: SNI 2847:2019)

Pelat non-prategang tanpa balok interior, yang terbentang di antara tumpuan pada semua sisi, harus memiliki rasio angkah terhadap lebar maksimum. Ketebalan keseluruhan pelat, diluar batas, tidak boleh kurang dari angka tersebut. Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior disajikan pada Tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.4 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior

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	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

(Sumber: SNI 2847:2019, Tabel 8.3.1.1)

2.5 Pembebanan Struktur

Menurut Setianwan (2008) bahwa beban merujuk pada gaya eksternal yang bekerja pada struktur. Menentukan secara akurat besarnya beban yang akan mempengaruhi struktur selama umurlayanannya merupakan tugas yang kompleks dan seringkali sulit. Selain itu, penentuan besaran beban pada umumnya hanya dapat dilakukan melalui estimasi. Meskipun estimasi beban yang akan bekerja pada suatu lokasi di struktur sudah dilakukan, selanjutnya adalah mengidentifikasi kombinasi beban yang paling signifikan yang mungkin mempengaruhi struktur tersebut.

2.5.1 Beban Mati

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 arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Seluruh metode dalam menghitung beban mati suatu elemen didasarkan pada pengamatan terhadap berat jenis material yang tampak serta volume elemen tersebut. Berat jenis (unit weight) material telah ditetapkan secara empiris dan umumnya tersedia dalam bentuk tabel pada berbagai referensi untuk mempermudah proses perhitungan beban mati.(SNI 1727:2020)

Berikut Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung Tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 2.5 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Bahan dan Komponen	Beban (kN/m ²)
Ceilings	
Acoustical fiberboard	0,05
Gypsum board (per mm thickness)	0,008
Plaster on tile or concrete	0,24
Mechanical duct allowance	0,19
Suspended steel channel system	0,10
Floors and Floor Finishes	
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 13-mm mortar bed	0,77
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 13-mm mortar bed	1,10
Frame Walls	
Clay brick wythes :	
102 mm	1,87
Hebel (600 x 200 x 100) mm	0,79
Convering,Roof and Wall	

Waterproofing liquid applied	0,05
Componen	Berat (kN/m ³)
Spesi	0,24
Sand or gravel	9,4

(Sumber : Tabel C3.1-1-Beban mati desain minimum, SNI 1727:2020)

2.5.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI (2020), beban hidup merupakan beban yang keberadaannya pada struktur dapat bersifat sementara, artinya bisa ada atau tidak ada pada waktu tertentu. Meskipun dapat berpindah tempat, beban hidup umumnya bekerja secara perlahan pada struktur. Beban penggunaan (occupancy loads) termasuk dalam kategori beban hidup. Contoh dari beban penggunaan meliputi berat manusia, perabotan, barang-barang yang disimpan, dan sejenisnya. Dalam regulasi pembebanan di Indonesia, beban hidup mencakup hal-hal tersebut.

1. Beban hidup pada lantai gedung

- Beban sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan ruang yang bersangkutan, serta dinding pemisah ringan dengan berat tidak lebih 100 kg/m² . Beban untuk perlengkapan ruang yang berat harus ditentukan tersendiri.
- Beban tidak perlu dikalikan koefisien kejut
- Beban lantai untuk bangunan multi guna harus menggunakan beban terberat yang mungkin terjadi.

2. Beban hidup pada atap bangunan

- Untuk bagian atap yang dapat dicapai orang harus digunakan minimum sebesar 100 kg/m² bidang datar
- Untuk beban akibat air hujan sebesar $(40 - 0.8 \alpha)$ kg/m² , dengan α adalah sudut kemiringan atap bila kurang dari 50°. Beban terpusat untuk pekerja dan peralatan pemadam kebakaran sebesar minimum 100 kg.
- Bagian tepi atap yang terkantilever sebesar minimum 200 kg. Pada bangunan tinggi yang menggunakan landasan helikopter diambil sebesar 200 kg/m² .

Contoh-contoh beban hidup berdasarkan fungsi suatu bangunan ditunjukkan dalam Tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2.6 Beban hidup lantai bangunan gedung

Ruang	Berat (kN/m ²)
Ruang makan dan restoran	4,79
Rumah sakit (Ruang operasi, laboratorium dan ruang pasien)	4,79
Perpustakaan (Ruang baca dan ruang penyimpanan	10,05
Pabrik ringan	6,00
Sekolah (koridor lantai pertama), ruang public, ruang dansa dan <i>ballroom</i>	4,79
Tangga, bordes tangga dan koridor	4,79
Kantor	2,40
Gedung persenjataan dan ruang latihan	7,18

(Sumber : Tabel 4.3.1 SNI 1727-2020)

2.5.3 Beban Angin

Beban angin adalah seluruh gaya yang bekerja pada bangunan atau bagian dari bangunan akibat perbedaan tekanan udara. Penentuan beban ini dilakukan dengan mempertimbangkan adanya tekanan positif maupun tekanan negatif (hisapan) yang bekerja secara tegak lurus terhadap bidang-bidang yang dianalisis. (SNI ,2020).

2.5.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban horizontal pada struktur yang timbul akibat getaran tanah yang disebabkan oleh gempa bumi, baik dalam arah vertikal maupun horizontal. Dalam beberapa kasus, pengaruh gempa dalam arah verertical cenderung lebih signifikan dibandingkan dengan pengaruh gempa dalam arah horizontal (Setiawan, 2016).

2.5.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang diperhitungkan dalam perhitungan adalah kombinasi dari beban hidup, beban mati, dan beban gempa sesuai dengan SNI-2847-2019. Kombinasi pembebanan dalam Tabel 2.7 berikut ini :

Tabel 2.7 Kombinasi Beban

Kombinasi Beban	Persamaan	Beban Utama
$U = 1,4D$	(2.11.a)	D
$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$	(2.11.b)	L
$U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (1,0L + 0,5W)$	(2.11.c)	$L_r \text{ atau } R$
$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$	(2.11.d)	W
$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$	(2.11.e)	E
$U = 0,9D + 1,0W$	(2.11.f)	E
$U = 0,9D + 1,0E$	(2.11.g)	E

(Sumber: SNI 2847:2019)

2.6 Rangka Pemikul Momen

Rangka pemikul momen (SRPM) adalah sistem struktur bangunan yang dirancang untuk menahan beban dan momen lentur dengan cara menyalurkan momen ke kolom dan balok. SRPM umumnya digunakan pada bangunan gedung bertingkat tinggi, jembatan, dan struktur lainnya yang membutuhkan kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Sistem struktur rangka yang elemen-elemen struktur dan sambungannya menahan beban-beban lateral melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) (BSN, 2020).

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) SRPMB menggunakan balok dan kolom baja atau beton bertulang yang dihubungkan dengan sambungan kaku. Sistem ini cocok untuk bangunan dengan bentang yang kecil dan beban yang ringan.

2. Sistem Rangka Pemikul Momen Mernngah (SRPMM)

SRPMM menggunakan balok dan kolom baja atau beton bertulang yang dihubungkan dengan sambungan semi-kaku. Sistem ini cocok untuk bangunan dengan bentang yang lebih besar dan beban yang lebih berat.

3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

SRPMK menggunakan balok dan kolom baja atau beton bertulang yang dihubungkan dengan sambungan plastik. Sistem ini cocok untuk bangunan dengan bentang yang sangat besar dan beban yang sangat berat.

Adapun tabel untuk sistem gaya seismik sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019 ditunjukkan pada Tabel 2.8 seperti berikut :

Tabel 2.8 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismic

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem	Faktor pembesaran defleksi C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi				
				Kategori desain				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
C. Sistem rangka pemikul								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem	Faktor pembesaran defleksi C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi				
				Kategori desain				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
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	TI	TI
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khususm	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem	Faktor pembesaran defleksi C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi				
				Kategori desain				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
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	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem	Faktor pembesaran defleksi C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi				
				Kategori desain				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5/2	48	48	30	TI	TI
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								

1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g.h}	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB

dengan bresing konsentris khusus								
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	8	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen								

menengah mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus ^P	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI
2. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g.h}	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2½	TB	48	TI	TI	TI
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5½	2½	4½	TB	TB	48	30	TI
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3½	2½	3	TB	TB	TI	TI	TI
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
8. Dinding geser beton bertulang biasa	5½	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI

(Sumber : SNI 1726:2019, Tabel 12)

2.7 Perencanaan Gempa

Menurut standar SNI 1726:2019, perencanaan gempa menentukan dampak gempa yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non-gedung serta komponen lainnya. Gempa rencana adalah gempa yang kemungkinan kelebihannya tidak melampaui 2% selama 50 tahun umur bangunan. Bangunan gedung terbagi menjadi dua bagian, yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas merupakan bagian dari bangunan yang terletak di atas tanah. Struktur bawah adalah bagian dari bangunan gedung yang berada di bawah permukaan tanah. Struktur bangunan harus punya sistem untuk menahan gaya lateral dan vertical dengan baik. Ini penting agar bangunan kuat, tidak mudah goyah, dan bisa menyerap energi dengan cukup saat ada gerakan tanah. Desainnya harus memperhitungkan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang dibutuhkan. Langkah-langkah analisis beban seismik berdasarkan SNI Gempa 1726:2019 untuk bangunan gedung akan dijelaskan sebagai berikut:

2.7.1 Kelas Situs (SA-SF)

Klasifikasi situs digunakan untuk menentukan faktor amplifikasi seismik pada bangunan berdasarkan kriteria desain yang ditetapkan. Dalam proses penentuan kriteria desain seismik bagi bangunan di atas tanah, atau saat menghitung besarnya amplifikasi percepatan puncak dari batuan dasar hingga permukaan tanah pada suatu lokasi, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengklasifikasikan situs sesuai dengan Tabel 2.9. Profil tanah pada lokasi harus ditentukan berdasarkan lapisan tanah sedalam 30 meter dari permukaan, sebagaimana tercantum dalam tabel tersebut. Penentuan kelas situs dilakukan melalui penyelidikan tanah baik di lapangan maupun di laboratorium. Setidaknya dua dari tiga parameter tanah yang tercantum dalam Tabel 2.9 harus diukur secara terpisah. Jika terdapat perbedaan kondisi, maka klasifikasi dengan kondisi paling tidak menguntungkan yang harus digunakan. Apabila tidak tersedia data tanah spesifik hingga kedalaman 30 meter, maka seorang ahli geoteknik yang memiliki sertifikasi/izin profesi harus memperkirakan karakteristik tanah berdasarkan kondisi geoteknik setempat untuk keperluan laporan penyelidikan tanah. Kelas situs SA dan SB tidak boleh digunakan

apabila terdapat lebih dari 3 meter lapisan tanah antara dasar pondasi (baik telapak maupun rakit) dengan permukaan batuan dasar.

Setiap bangunan gedung wajib dilengkapi dengan sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang utuh, agar mampu memberikan kekuatan, kekakuan, serta kapasitas disipasi energi yang memadai dalam menghadapi gerakan tanah sesuai desain, dengan tetap memenuhi batasan deformasi dan kekuatan yang telah ditentukan. Tahapan analisis beban gempa harus mengikuti ketentuan dalam standar SNI Gempa 1726:2019 untuk bangunan gedung. Klasifikasi situs sesuai ketentuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut ini :

Tabel 2.9 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	Vs (m/dt)	N atau Nch	Su (kpa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 s/d 1500	N/A	N/A
SC (tanah keas, sangat padat, dan batuan lunak)	350 s/d 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175-350	15-50	50-100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $S_u \ll 25 \text{ kPa}$		
SE (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan metode spesifik)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh 2. Lempung sangat organik dan/atau gambut ($H > 3\text{m}$)		

3. Lempung berplastisitas sangat tinggi

ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI >$

75) 4. Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan

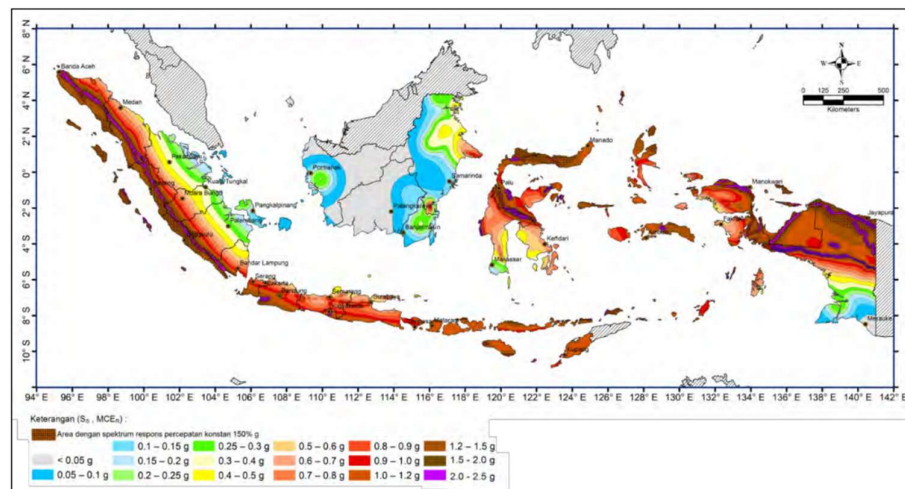
ketebalan $H > 35$ m dengan SU

(Sumber: SNI 1726:2019, Tabel 5)

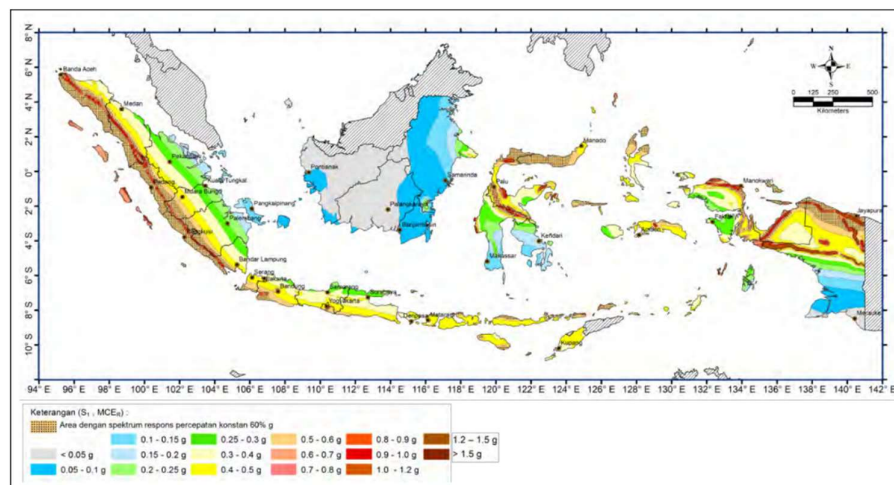
Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

2.7.2 Wilayah Gempa dan Spektrum Respon

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 2.2 dan Gambar 2.3 dibawah ini wilayah gempa di Indonesia adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 0,2 detik
(Sumber: SNI 1726:2019)



Gambar 2.3 Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 1 detik
(Sumber: SNI 1726:2019)

Dalam menentukan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan 1 detik. Faktor ini mencakup amplifikasi getaran untuk percepatan pada periode pendek (F_a) serta amplifikasi untuk percepatan pada periode 1 detik (F_v). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan pada periode 1 detik (S_{M1}), yang telah disesuaikan dengan pengaruh dari klasifikasi situs, harus dihitung menggunakan Persamaan 2.4 dan 2.5 berikut ini.

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2.4)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.5)$$

Dengan koefisien situs F_a dan F_v mengikuti Tabel 2.8 dan Tabel 2.10 sebagai berikut :

Tabel 2.10 Koefesien Situs Fa

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCEa) terpakai pada periode pendek, T = 0,2 detik, Ss					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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)

Tabel 2.11 Koefesien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER) terpakai pada periode pendek, T = 1 detik, S1					
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s = 0,5$	$S_s \geq 0,6$
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 7)

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek SDS dan pada periode 1 detik, SD1, harus ditentukan melalui Persamaan 2.6 dan Persamaan 2.7 berikut ini:

$$S_{DS} = 2/3.S_{MS} \quad (2.6)$$

$$S_{DI} = 2/3.S_{MI} \quad (2.7)$$

Berdasarkan nilai SDS yang sudah ditentukan maka struktur dapat ditentukan maka struktur dapat ditetapkan dalam salah satu kategori desain seismic, sesuai Tabel 2.12 sebagai berikut:

Tabel 2.12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai SDS	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	I
SDS	A	A
$0,167 < SDS < 0,33$	B	C
$0,33 < SDS < 0,5$	C	D
$0,5 \leq$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2019 ;Tabel 8)

Berdasarkan nilai SD1 yang sudah ditentukan maka stuktur dapat ditetapkan dalam salah satu kategori desain seismik sesuai Tabel 2.11 sebagai berikut:

Tabel 2.13 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik

Nilai SD1 SDS	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	I
SDS	A	A
$0,167 < SDS < 0,33$	B	C
$0,33 < SDS < 0,5$	C	D
$0,5 \leq$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2019 ;Tabel 9)

2.7.3 Kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan

Adapun kategori resiko sesuai tabel Standar Nasional Indonesia (SNI 1726 tahun 2019), untuk berbagai resiko struktur bangunan gedung dan non gedung ditunjukkan pada Tabel 2.14 sebagai berikut:

Tabel 2.14 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan nongedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk manusia, antara lain: - Fasilitas pertanian, Peternakan, dan perikanan,	I

- Fasilitas sementara, - Gudang penyimpanan, - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, II, III, IV termasuk tapi tidak dibatasi untuk - 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 jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk - Bioskop, - Gedung pertemuan, - Stadion, - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat, - Fasilitas penitipan anak, - Penjara, - Bangunan untuk orang jompo. 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	III

- Pusat pembangkit listrik biasa, - Fasilitas penanganan air, - Fasilitas penanganan limbah, - Pusat telekomunikasi. Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko 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 dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk tetapi tidak dibatasi untuk: - 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 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	IV

atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.	
--	--

(Sumber: SNI 1726:2019. Tabel 3)

Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan factor keutamaan I_e ditunjukkan pada Tabel 2.15 berikut :

Tabel 2.15 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,225
IV	1,50

(Sumber: SNI 1726:2019. Tabel 4)

2.8 Robot Structural Analysis Professional

Teknik sipil adalah satu bidang ilmu yang terus berkembang yang melibatkan desain, konstruksi, dan pemeliharaan infrastruktur seperti jalan raya, jembatan, gedung, dan lainnya. Perkembangan era digital yang cepat berdampak pada perkembangan dalam bidang teknik sipil. Dengan kemajuan teknologi dalam bidang teknik sipil, ada banyak program yang dapat membantu dalam menghitung struktur. Salah satunya adalah *Robot Structural Analysis Profesional* yang berguna bagi para ahli teknik sipil dalam mengoptimalkan perhitungan struktur.

Autodesk Robot Structural Analysis Professional (Robot) adalah perangkat lunak yang menggabungkan fungsi modelling, analisis, dan perancangan berbagai jenis struktur yang bervariasi. Dengan program ini, pengguna dapat membuat struktur, melakukan analisis, memeriksa hasil, melakukan verifikasi kode desain struktur, serta menyiapkan dokumentasi untuk setiap struktur yang dianalisis dan dirancang. Program ini dapat digunakan untuk menganalisis berbagai jenis struktur, termasuk bangunan, jembatan, pelat, dan lainnya (Firdiansyah *et al*). Adapun fitur-fitur yang dimiliki oleh aplikasi RSAP adalah sebagai berikut :

- a. Analisis Struktur: Program ini dapat melakukan analisis struktur statik dan dinamik, seperti pembebanan, perpindahan, gaya dalam, momen, dan banyak lagi.
- b. Simulasi beban: Pengguna dapat melakukan simulasi respons struktur terhadap kondisi tersebut dengan memasukkan berbagai jenis beban seperti beban mati, beban hidup, beban angin, gempa bumi, dan lainnya.
- c. Rancangan Struktur: Berdasarkan kode dan standar desain yang berlaku, robotanalisis struktur dapat membantu Anda merancang elemen struktur seperti dinding, kolom, balok, dan lainnya.
- d. Analisis Dinamik: Perangkat lunak analisis struktur angkah ent dapat melakukan analisis dinamik untuk mempelajari bagaimana struktur menanggapi getaran dan angkah yang cepat, seperti gempa bumi atau angin kencang.
- e. Integrasi BIM: Perangkat lunak ini dapat berintegrasi dengan perangkat lunak BIM (*Building Information Modeling*) lainnya, seperti Autodesk Revit, untuk mempermudah aliran kerja antara desain dan analisis struktur.