

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Berdasarkan referensi yang didapatkan penulis, penelitian tentang jarak optimal struktur terhadap gaya gempa Hotel Neo Malioboro dan Hotel Malioboro Suite di Yogyakarta belum pernah dilakukan karena Hotel Malioboro Suite merupakan gedung yang baru dibangun pada tahun 2019. Dalam menulis tugas akhir ini penulis mendapatkan informasi dari beberapa jurnal yang dijelaskan pada paragraf yaitu sebagai berikut:

##### **2.2.1. Penelitian Terdahulu tentang Perilaku Struktur terhadap Beban Gempa**

Faisal dkk (2018), melakukan penelitian tentang “Evaluasi Jarak Aman antara Struktur SRPM disebelahnya Terhadap Gempa”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa jarak aman antara bahaya getaran gempa. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan dua gedung kemudian di modelkan dalam aplikasi ETABS dengan ukuran penampang struktur balok dan kolom sesuai dengan kondisi lapangan, setelah itu memasukan nilai waktu getar alami dan gaya gempa dasar. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan nilai simpangan per lantai dari yang terkecil hingga yang terbear yang terjadi pada masing-masing gedung, kemudian didapatkan jarak aman antara dua gedung yang sudah dimodelkan dalam aplikasi ETABS.

Azizah dkk (2018), melakukan penelitian tentang “Studi Analisis Tingkat Kerentanan Bangunan Terhadap Gempa dengan Kekuatan Maksimum 6.9MW”. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji perbandingan nilai deformasi bangunan dengan pola pembebanan *analitis spektrum respons* dan *acceleration time history*, kemudian mengetahui pengaruh kekuatan dan jarak gempa terhadap deformasi dan *drift ratio* dari bangunan, serta mengevaluasi tingkat kerentanan dari bangunan ditinjau dari perbandingan besaran drift ratio dan deformasi antara simulasi gempa dengan spektrum percepatan gempa di permukaan sesuai dengan SNI 1726:2012. Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengumpulkan data bangunan, kemudian mengumpulkan data gempa-gempa dengan skala besar yang

pernah terjadi di Indonesia ataupun di negara tetangga, kemudian memodelkan bangunan sesuai dengan data yang didapatkan. Selanjutnya pemodelan yang sudah dibuat dimasukkan beban mati, beban hidup, dan beban gempa sesuai dengan data yang didapatkan. Adapun hasil dari penelitian ini adalah bangunan yang diteliti tidak rentan terhadap gempa-gempa besar yang terjadi di Chi-Chi Taiwan 6.2Mw, Imperial Valley USA 6.53Mw, Kobe Japan 6.9Mw, dan Victoria Mexico 6.33Mw. Dikatakan tidak rentan dengan gempa yang di sebutkan karena hasil *drift ratio* dan deformasi lebih kecil dari pada *drift ratio* dan deformasi yang ditetapkan oleh SNI 1726:2012.

Purnomo dkk (2014), melakukan penelitian tentang “Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus : Bangunan Hotel di Semarang). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja struktur hotel di Semarang berdasarkan ragam spektrum respon. Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis dinamik respon spektrum dengan menggunakan software ETABS. Langkah-langkah dalam metode analisis ini yaitu pengumpulan data dan studi literatur. Memodelkan struktur bangunan secara 3D. Menghitung dan memasukkan beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Menghitung respon spektrum bangunan dengan menggambarkan kurva respon spektrum gempa rencana dan selanjutnya di input ke dalam pemodelan. Melakukan analisis untuk mendapatkan nilai *displacement*, *drift*, dan *base shear*. Kemudian langkah terakhir peneliti melakukan kontrol kinerja struktur bangunan untuk mengambil kesimpulan dari hasil analisis yang berhubungan dengan tujuan penelitian. Adapun hasil dari penelitian ini adalah gedung yang diteliti telah memenuhi syarat kinerja terhadap tinjauan *displacement* arah X dan arah Y yang di ijinakan berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 12.6.4.4. Kemudian berdasarkan hasil analisis ragam spektrum respons terhadap level kinerja struktur gedung sesuai ATC-40, pada arah X maupun arah Y nilai maksimum total *drift* dan total *in-elastic drift* menunjukkan Gedung Hotel di Semarang termasuk dalam kategori level *Immediate Occupancy (IO)*.

Syarif dkk (2018), melakukan penelitian tentang “Respon Struktur Sistem *Flat Slan-Drop Panel* pada Gedung Bertingkat tak Beraturan Terhadap Beban Gempa”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui model struktur yang

baik terhadap gaya gempa yang bekerja menggunakan sistem *Flat Slan-Drop Panel*. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang pertama melakukan studi literatur yang diperoleh dari buku, peraturan/pedoman, maupun jurnal yang berkaitan dengan penelitian. Selanjutnya literatur yang digunakan adalah literatur –literatur yang berkaitan dengan masalah beban gempa. Dalam penelitian ini level gempa menggunakan Peta 2% kemungkinan gempa rencana terlampaui dalam 50 tahun umur bangunan (SNI 1726, 2012). Dalam desain struktur bangunan ini, pembebanan gempa yang digunakan untuk analisis adalah analisis respons spektra sesuai data pengujian tanah pada lokasi struktur, yakni Pekanbaru. Analisis dilakukan dengan software elemen hingga. Parameter yang digunakan dalam analisis respons spektra dalam penelitian ini diperoleh berdasarkan data Peta Gempa *Hazard* 2017 sesuai koordinat lokasi yang diambil. Kemudian untuk hasil yang didapatkan pada penelitian ini untuk semua model adalah nilai *displacement* minimum dan maksimum, nilai gaya geser minimum dan maksimum, dan nilai tingkat kekakuan. Kemudian nilai tingkat kekakuan suatu gedung berbanding terbalik dengan nilai *displacement*.

Anggen dkk (2014), melakukan penelitian tentang “Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik *Time History* Menggunakan ETABS (Studi Kasus : Hotel di Daerah Karanganyar)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja suatu struktur bangunan bertingkat yang diakibatkan oleh gempa bumi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis, dimana pemodelan struktur yang dijadikan studi kasus dibantu menggunakan program ETABS. Langkah analisis dari penelitian ini adalah dengan membuat model struktur yang terdiri dari elemen kolom, *core wall*, dinding basement, balok, dan pelat lantai. Untuk beban: beban gravitasi (beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup) ditambah beban percepatan gempa (gempa rencana dan gempa aktual). Pada level gempa rencana digunakan analisis dinamik *time history* dan analisis statik ekuivalen sebagai pembanding, pada level gempa aktual hanya digunakan analisis dinamik *time history*. Keseluruhan analisis pada gempa rencana dan gempa aktual dilakukan secara linear. Adapun hasil dari penelitian ini adalah Percepatan waktu (akselerogram) gempa mentawai lebih besar dari gempa rencana, namun gempa mentawai menimbulkan *story drift* lebih kecil

dibanding Gempa rencana. Percepatan periode (respon spektrum) gempa mentawai lebih kecil dari gempa rencana. Kemudian Semakin besar PGAMAX, semakin besar SaMAX, namun Percepatan Sa (respon spektrum) yang memberi pengaruh pada respon struktur perlu diperiksa pada rentang  $0,2T - 1,5T$  (periode efektif). Hal demikian akan menjadi dasar yang lebih menentukan dibanding hanya melihat nilai Percepatan PGAMax (akselerogram).

Soelarso dkk (2015), melakukan penelitian tentang “Analisis Simpangan pada Struktur Gedung 10 Lantai Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201X”. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan perencanaan peraturan gempa menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (RSNI 03-1726201X). Selanjutnya menganalisis gaya gempa statis ekuivalen sesuai peraturan gempa di Indonesia. Kemudian mengetahui simpangan struktur gedung yang terbesar terhadap gaya gempa di joint struktur portal dan pusat massa. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan bantuan software Microsoft Excel 2010 dan ETABS v.9.6 sebagai software untuk menganalisis simpangan dari struktur gedung. Rumus perencanaan gempa yang digunakan menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (RSNI 03-1726-201X) serta PPRUG 1987 untuk perencanaan pembebanan hidup dan mati. Adapun hasil dari penelitian ini adalah analisis menunjukkan bahwa gempa terbesar dihitung menggunakan RSNI 03-1726-201X karena pada perencanaan ini menggunakan peraturan perhitungan gempa yang terbaru yaitu dengan umur gedung 2500 tahun dibanding dengan peraturan gempa yang lama yaitu dengan umur gedung 500 tahun. Kemudian simpangan akibat gaya gempa yang ditempatkan pada joint struktur lebih besar dari pada gaya gempa yang ditempatkan pada pusat massa.

Budiwati dan Sukrawa. (2017) melakukan penelitian tentang “Kinerja Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Penambahan Dinding Pengisi Berlubang sebagai Perkuatan Seismik” Penelitian ini dilakukan guna memperoleh model struktur rangka beton bertulang dengan dinding pengisi (RDP) berlubang, dengan

dan tanpa perkuatan di sekitar lubang (lintel), sebagai perkuatan seismik, dengan membandingkan perilaku dan kinerja struktur RDP dengan berbagai rasio lubang. Pada tahap awal dilakukan validasi model dengan membandingkan perilaku struktur yang dimodel menggunakan elemen shell (RDPsh) dan strut diagonal (RDPst) dengan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan oleh peneliti lain. Model validasi menunjukkan bahwa RDPsh menghasilkan diagram beban-simpangan lateral yang lebih mendekati hasil test dibandingkan dengan RDPst. Disamping itu, persamaan lebar strut untuk dinding berlubang tanpa lintel tidak bisa digunakan untuk dinding berlubang dengan lintel karena lintel menambah kekakuan rangka, memperkuat dinding di sekitar lubang dan mengurangi tegangan maksimum pada sudut lubang sampai 40%. Selanjutnya model rangka beton bertulang 3, 4, dan 5 lantai dengan dinding pengisi berlubang sentris dengan lintel di sekeliling lubang dibuat dengan variasi rasio lubang 0 – 100%. Hasil analisis pada RDP 3 lantai menunjukkan bahwa, terjadi pengurangan simpangan lateral masing-masing sebesar 65%, 58%, 43%, 22%, dan 5% untuk rasio lubang 0%, 20%, 40%, 60%, dan 80%. Persentase pengurangan yang hampir sama juga terjadi pada rangka 4 dan 5 lantai. Untuk rangka 3-lantai, penambahan dinding pengisi dengan rasio lubang terbesar 60% cukup memadai untuk menahan beban gempa yang disyaratkan SNI 1726:2012. Tetapi, untuk rangka 4 dan 5 lantai, diperlukan dinding dengan rasio lubang maksimum 40%. Penambahan dinding pengisi meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan gaya geser dasar akibat gempa. Namun demikian, peningkatan kekuatan ini disertai dengan penurunan daktilitas struktur seiring dengan menurunnya rasio lubang.

Nugroho (2015), melakukan penelitian tentang “Evaluasi Kinerja Bngunan Rencana Gedung Hotel A.N.S dengan Dilatasi (Model B2) di Daerah Rawan Gempa”. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi kinerja bangunan rencana gedung ANS dengan dan tanpa dilatasi di daerah rawan gempa. Hal yang akan dievaluasi adalah perpindahan ultimit pada struktur gedung dan membatasi kinerja struktur gedung dalam kondisi *Life Safty* (LS). Metode penelitian yang digunakan adalah dilakukan analisis evaluasi kinerja bangunan gedung Hotel ANS dengan dan tanpa dilatasi dengan layout menyerupai L di daerah rawan gempa. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak komputer. Untuk

bangunan tanpa dilatasi, analisis dilakukan sesuai dengan model bangunan yang menyerupai L sesuai dengan gambar rencana yang ada. Sedangkan untuk bangunan dengan dilatasi, model bangunan yang menyerupai L tersebut dibagi atas empat blok bangunan, keempat blok bangunan tersebut dilakukan analisis (running) secara terpisah. Pada tahap pertama penelitian ini blok bangunan yang ditinjau adalah model B2. Untuk tahap analisis, dilakukan analisis dinamik 3 dimensi dimana masing-masing model akan diberikan beban-beban rencana yang sama, meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa dinamik respon spektrum. Setelah itu dilakukan analisis pushover pada masing-masing bangunan. Selanjutnya pada tahap akhir akan dilihat respon struktur masing-masing bangunan dan jarak dilatasi yang diperlukan hingga diperoleh kesimpulan akhir. Hasil dari penelitian ini adalah pada bangunan model B2, berdasarkan kriteria SNI-1726-2002 kinerja struktur tidak ada yang melewati kondisi LS sehingga kinerja struktur dapat dikatakan baik, sedangkan berdasarkan kriteria FEMA 356 kinerja struktur sudah melewati kondisi LS bahkan mengalami collapse sehingga kinerja struktur dapat dikatakan tidak baik. Nilai perpindahan ultimit yang diperoleh berdasarkan FEMA 356 lebih besar daripada nilai perpindahan ultimit yang diperoleh berdasarkan SNI-1726-2002, hal ini disebabkan karena pada rumus untuk perhitungan pada FEMA 356 terdapat beberapa faktor modifikasi (faktor pengali) sehingga nilai perpindahan ultimit yang diperoleh lebih besar.

Firdaus dkk. (2016) melakukan penelitian tentang “Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Terhadap Gempa Bumi dengan *Rapid Visual Screening (RVS)* Berdasarkan FEMA P 154”. Tujuan dari penelitian ini adalah memperkirakan kinerja dan tingkat bangunan jika terjadi gempa bumi. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menentukan gedung yang akan ditinjau selanjutnya pengumpulan data yaitu data tanah dan data lapangan. Adapun hasil dari penelitian ini adalah terjadinya perubahan peta gempa yang terdapat pada SNI 03-1726:2002 ke SNI 1726:2012 membuktikan bahwa Kota Pekanbaru merasakan dampak gempa yang cukup kuat, dibuktikan dari pemilihan formulir FEMAP 154 berdasarkan perubahan rasio gempa yang meningkat dari SNI 03-1726-2002 ke SNI 1726:2012. Kinerja kerentanan bangunan gedung terhadap gempa untuk beberapa bangunan gedung di beberapa tempat di Kota Pekanbaru cukup baik, hal itu

dibuktikan dari hasil analisa kerentanan bangunan gedung terhadap gempa memiliki hasil yang memenuhi evaluasi FEMAP 154. Tingkat kerentanan gedung dipengaruhi oleh beberapa factor, semakin tidak teratur bentuk gedung (secara *Vertical Irregularity* maupun *Plan Irregularity*) akan semakin mengurangi nilai basic score.

Astuti dkk. (2016) melakukan penelitian tentang “Evaluasi Resiko Siesmik Bangunan Gedung Rusunawa”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kelayakan bangunan jika terjadi gempa bumi. Metode penelitian dalam penelitian ini adalah pengumpulan data berupa data primer yang didapatkan dari survei lapangan untuk mengetahui kondisi fisik bangunan yang menjadi obyek penelitian. Data yang selanjutnya adalah data sekunder diambil dari instansi instansi terkait, buku-buku literatur , jurnal dan situs internet. Adapun hasil dari penelitian ini adalah Skor akhir dalam proses evaluasi dengan RVS adalah perkiraan probabilitas bangunan akan runtuh jika terjadi gempa. Peluang runtuhnya bangunan sebagai perkiraan negatif logaritma basis-10 dari jumlah gempa bumi yang dapat menyebabkan bangunan runtuh selama umur rencana bangunan, yang umumnya direncanakan 50 tahun. Dari studi kasus didapatkan bahwa Skor Akhir 0,7 berarti ada peluang 1 dari 100,7, atau 1 dari 5 bangunan akan runtuh jika gempa tersebut terjadi. Bangunan harus dievaluasi lebih detail karena terjadi kerusakan/deteriorasi pada komponen struktur.

### **2.2.2. Perbedaan Penelitian ini dengan Penelitian Sebelumnya**

Perbedaan penelitian-penelitian sebelumnya yang dikutip penulis dengan penelitaian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Penelitaian yang dilakukan Faisal dkk (2018) tentang “Evaluasi Jarak Aman antara Struktur SRPM disebelahnya Terhadap Gempa”, pada penelitian ini menggunakan bantuan aplikasi ETABS sedangkan penelitian yang penulis lakukan menggunakan aplikasi SAP2000 dan studi kasus berbeda.
- b. Penelitian yang dilakukan Azizah dkk (2018) tentang “Studi Analisis Tingkat Kerentanan Bangunan Terhadap Gempa dengan Kekuatan Maksimum 6.9MW”, pada penelitian ini menggunakan metode analisis *acleleracy time history* , sedangkan penelitian yang penulis lakukan

- menggunakan analisis *dinamik respons spectrum* kemudian untuk studi kasus gedung berbeda.
- c. Penelitian yang dilakukan Purnomo dkk (2014) tentang “Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus : Bangunan Hotel di Semarang) menggunakan bantuan aplikasi ETABS sedangkan penelitian yang penulis lakukan menggunakan aplikasi SAP2000 dan studi kasus yang berbeda yaitu studi kasus yang penulis teliti bertempat di Yogyakarta.
  - d. Penelitian yang dilakukan Syarif dkk (2018) tentang “Respons Struktur Sistem *Flat Slan-Drop Panel* pada Gedung Bertingkat tak Beraturan Terhadap Beban Gempa” yaitu penelitian tentang perilaku struktur yang dilakukan khusus terhadap *Flat Slan-Drop Panel* sedangkan penelitian yang dilakukan penulis khusus pada joint struktur yang saling bersebelahan dengan gedung lainnya.
  - e. Penelitian yang dilakukan Anggen dkk (2014) tentang “Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik *Time History* Menggunakan ETABS (Studi Kasus : Hotel di Daerah Karanganyar)”. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang penulis lakukan adalah penelitian ini menggunakan aplikasi bantu yaitu ETABS sedangkan penelitian penulis menggunakan aplikasi bantu SAP 2000, penelitian ini menggunakan metode analisis dinamik *time history*, sedangkan penulis menggunakan metode analisis *respons spectrum*.
  - f. Penelitian yang dilakukan Soelarso dkk (2015) tentang “Analisis Simpangan pada Struktur Gedung 10 Lantai Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201X”. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang penulis lakukan adalah penelitian ini menggunakan aplikasi bantu yaitu ETABS sedangkan penelitian penulis menggunakan aplikasi bantu SAP 2000, tujuan penelitian ini adalah membandingkan nilai simpangan gedung dengan dua SNI, sedangkan penelitian yang penulis lakukan untuk menentukan jarak aman antara dua bangunan.
  - g. Penelitian yang dilakukan Budiwati dan Sukrawa. (2017) tentang “Kinerja Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Penambahan Dinding Pengisi



Berlubang sebagai Perkuatan Seismik”. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang penulis lakukan adalah penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja struktur beton bertulang sedangkan penelitian yang penulis lakukan untuk menentukan jarak aman antara dua bangunan.

- h. Penelitian yang dilakukan Nugroho (2015) tentang “ Evaluasi Kinerja Bngunan Rencana Gedung Hotel A.N.S dengan Dilatasi (Model B2) di Daerah Rawan Gempa”. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang penulis lakukan adalah pada penelitian ini mengevaluasi kinerja bangunan rencana gedung sedangkan penelitian yang penulis lakukan untuk menentukan jarak aman antara dua bangunan yang bersebelahan.
- i. Penelitian yang dilakukan Firdaus dkk. (2016) tentang “Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Terhadap Gempa Bumi dengan *Rapid Visual Screening (RVS)* Berdasarkan FEMA P 154”. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang penulis lakukan adalah pada penelitian ini dilakukan pada beberapa studi kasus di kota Pekanbaru dan menggunakan peraturan FEMA P 154 sedangkan penelitian yang penulis lakukan studi kasus bertempat di Yogyakarta dan menggunakan peraturan SNI Gempa 03 1726 2012.
- j. Penelitian yang dilakukan Astuti dkk. (2016) tentang “Evaluasi Resiko Siesmik Bangunan Gedung Rusunawa”. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang penulis lakukan adalah penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan bangunan jika terjadi gempa bumi sedangkan penelitian yang penulis lakukan untuk menentukan jarak aman antara dua bangunan yang bersebelahan bila terjadi gempa bumi.

## **2.2. Dasar Teori**

Dasar teori dan peratururan yang dipakai dalam peneltian ini mengacu pada beberapa buku, jurnal-jurnal terkait, dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

### **2.2.1. Pembebanan**

Merencanakan sebuah struktur tentunya harus kuat terhadap beban-beban yang bekerja pada sebuah struktur yaitu berupa beban statis yang meliputi beban mati beban hidup dan beban hujan. Sedangkan beban dinamis merupakan beban yang

bergerak dengan variasi perubahan intensitas beban terhadap waktu yang cepat. Beban dinamis terjadi dari beban gempa dan beban angin. Beban-beban yang digunakan berpedoman pada Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987) dan SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain yaitu sebagai berikut :

a. Beban Mati

Menurut BSN (2013), beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk lantai, plafon, dinding, atap, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Kemudian harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya dalam penentuan beban mati untuk perancangan, dan jika tidak ada informasi yang jelas mengenai hal tersebut, nilai yang digunakan yaitu nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang. Dalam tugas akhir ini besaran beban mati yang digunakan bersumber dari peraturan lama yaitu BSN (1998). Beban mati yang digunakan antara lain:

1. Berat beton	= 22 kN/m <sup>3</sup>
2. Berat beton bertulang	= 24 kN/m <sup>3</sup>
3. Berat baja	= 78 kN/m <sup>3</sup>
4. Berat pasir	= 18 kN/m <sup>3</sup>
5. Berat spesi (per cm tebal)	= 21 kN/m <sup>3</sup>
6. Berat keramik (per cm tebal)	= 24 kN/m <sup>3</sup>
7. Berat langit-langit	= 0,11 kN/m <sup>3</sup>
8. Berat penggantung langit-langit	= 0,07 kN/m <sup>3</sup>
9. Berat waterproofing	= 22 kN/m <sup>3</sup>

b. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang berasal dari penggunaan bangunan gedung seperti aktivitas penghuni gedung (manusia), kendaraan, maupun barang-barang yang dapat berpindah-pindah selama masa operasional bangunan seperti almari, meja, kursi dll. Menurut BSN (2013), beban hidup merupakan beban yang ditimbulkan oleh penghuni dan pengguna bangunan gedung atau

struktur lain yang tidak termasuk beban lingkungan dan beban konstruksi seperti beban gempa, beban banjir, beban hujan, beban angin dan beban mati. Beban hidup yang digunakan dalam suatu perancangan struktur gedung dan struktur lain merupakan beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, namun tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam BSN (2013).

Pada tugas akhir ini besaran beban hidup yang digunakan dalam perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1 Beban hidup minimum (BSN, 2013)

Penggunaan	Beban (kN/m <sup>2</sup> )
Ruang pribadi dan koridor	1,92
Ruang publik dan koridor	4,79
Garasi/parkir	1,92
Ruang makan dan restoran	4,79
Ruang pertemuan (kursi dapat dipindahkan)	4,79
Tangga dan jalan keluar	4,79
Atap datar, berbubung dan lengkung	0,96

#### c. Beban Angin

Beban angin adalah beban horizontal yang terjadi akibat gaya luar yang harus disertakan dalam merancang suatu struktur karena pada beberapa tempat tertentu tekanan angin yang besar bisa merubuhkan suatu bangunan. Berdasarkan SNI 1727:2012 langkah untuk mendapatkan beban angin adalah sebagai berikut :

- 1) Tentukan parameter yang sesuai dengan keadaan struktur dan lingkungan sekitarnya seperti :
  - a) Kecepatan angin pada daerah tersebut
  - b) Pilih pada tabel 2.2 faktor arah angin (kd) sesuai tipe struktur bangunan
  - c) Tentukan eksposur yang sesuai, dari muali eksposur B, C dan D. Dimana B adalah untuk daerah perkotaan, hutan atau banyak penghalang, untuk C adalah untuk dataran terbuka atau padang rumput dan untuk D adalah untuk daerah angin yang sangat besar atau untuk bangunan yang sangat tinggi.

- d) Tentukan faktor topografi, efek peningkatan kecepatan angin harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain dengan menggunakan faktor  $K_{zt}$  seperti yang tercantum pada pasal 26.8.2 nilai  $K_{zt}$  adalah sebesar 1.0
- e) Tentukan faktor efek tiupan angin (G) dalam faktor ini di tentukan dalam pasal 26.9.1 yang nilainya adalah 0,85
- f) Tentukan klasifikasi ketertutupan dari bangunan
- g) Tentukan koefisien tekanan internal ( $G_{cpi}$ ) pada tabel 2.3

Tabel 2. 2 Faktor arah angin ( $k_d$ ) sesuai tipe struktur (BSN, 2013)

Tipe Struktur	Faktor arah angin, $k_d$
Bangunan gedung	
Sistem penahan beban angin utama	0,85
Komponen dan kalding bangunan gedung	0,85
Atap lengkung	0,85
Cerobong asap, tangki dan struktur sama	
Segi empat	0,9
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segitiga, segiempat, segi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,85

Tabel 2.3 Tabel koefisien tekanan internal (BSN, 2013)

Klasifikasi ketertutupan	( $G_{C_{pi}}$ )
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedug tertutup sebagian	0,55
	-0,55
Bangunan gedung tertutup	0,18
	-0,18

- 2) Tentukan koefisien eksposur tekanan velositas ( $k_z$ ) seperti yang tercantum pada pasal 27.3.1.

$$k_z = 2,01 \times \left(\frac{z}{z_g}\right)^{\frac{2}{\alpha}} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$kz$  = koefisien eksposur tekanan

$z$  = tinggi dari elevasi tanah

$z_g$  = tinggi batas atmosfer di dapatkan dari tabel 2.4

$\alpha$  = eksponen kecepatan angin di dapatkan dari tabel 2.4

Tabel 2.4 Konstanta eksposur (BSN, 2013)

Eksposur	$\alpha$	$Z_g$ (ft)	$\hat{a}$	$\hat{b}$	$\bar{\alpha}$	$\bar{b}$	C	$\ell_{(ft)}$	$\bar{\epsilon}$	$Z_{min}$ (m)
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

- 3) Tentukan tekanan velositas ( $q$ ) seperti yang tercantum pada pasal 27.3.2.

$$q = 0,613 \times kz \times kzt \times kd \times V^2 \quad (2.2)$$

Keterangan :

$q$  = tekanan velositas angin

$kz$  = koefisien eksposur tekanan

$kzt$  = faktor topografi (faktor sekitar lingkungan)

$kd$  = faktor untuk arah pada angin

$V$  = kecepatan angin

- 4) Tentukan tekanan angin sesuai struktur seperti pada gambar 2.3

Dengan menggunakan persamaan seperti pada pasal 27.4.1.

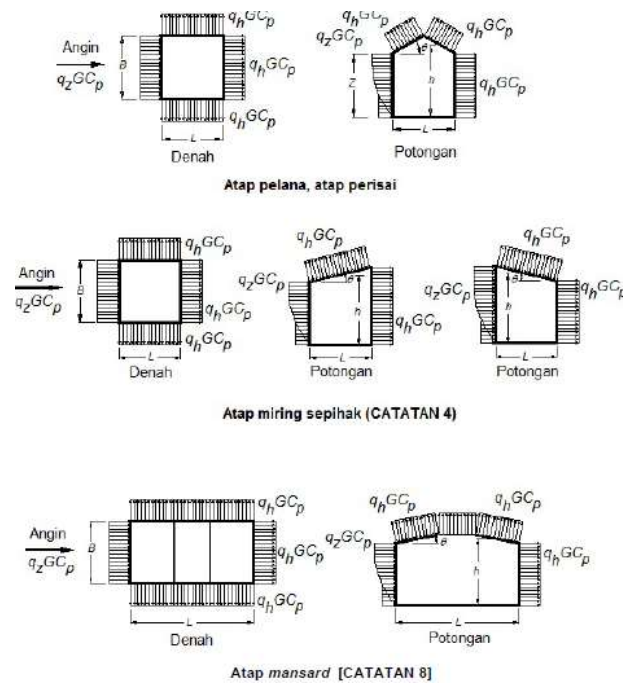
$$P = q \times G \times cp \quad (2.3)$$

Keterangan :

$P$  = tekanan angin

$q$  = tekanan velositas angin

$cp$  = koefisien tekanan internal seperti terdapat pada tabel 2.5



Gambar 2. 1 Arah angin pada dinding dan atap  
(Sumber : BSN, 2013)

Tabel 2.5 Koefisien tekanan internal (BSN, 2013)

Koefisien tekanan dinding, $C_p$			
Permukaan	L/B	$C_p$	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	$q_z$
	0-1	0,5	
Dinding di sisi angin pergi	2	-0,3	$q_h$
	$\geq 4$	-0,7	
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,2	$q_h$

d. Beban Tanah dan Tekanan Hidrostatik

Menurut BSN (2013), tekanan lateral tanah yang bekerja pada struktur pada bagian samping tanah harus diperhatikan pada saat perancangan. Jika beban tanah dalam laporan penyelidikan tanah yang disetujui oleh pihak yang berwenang tidak ada maka beban tanah yang diberikan pada Tabel 2.6 harus dipakai sebagai beban lateral minimum.

Tabel 2. 6 Beban tanah lateral rencana (BSN, 2013)

No	Uraian material timbunan	Klasifikasi jenis tanah	Beban tanah lateral rencana (kN/m <sup>2</sup> )
1	Lempung organik dan lempung lanau	OH	<i>d</i>
2	Lempung inorganik plastisitas tinggi	CH	<i>d</i>
3	Lanau lempung inorganik, lanau elastik	MH	<i>d</i>
4	Lanau organik dan lanau lempung plastisitas rendah	OL	<i>d</i>
5	Lempung inorganik dari plastisitas sedang-rendah	CL	15,710
6	Campuran lanau inorganik dan lempung	ML-CL	13,350
7	Lanau inorganik dan lanau lempung	ML	13,350
8	Pasir berlempung campuran pasir berlempung bergradasi baik	SC	13,350
9	Campuran lempung lanau pasir dengan plastik halus	SM-SC	13,350
10	Pasir berlanau, campuran lanau pasir bergradasi buruk	SM	7,070
11	Pasir bersih bergradasi buruk campuran pasir kerikil	SP	5,500
12	Bergradasi baik, pasir bersih, campuran pasir kerikil	SW	5,500
13	Kerikil mengandung lempung, campuran lempung dengan kerikil gradasi buruk	GC	7,070
14	Kerikil mengandung lanau campuran pasir-kerikil gradasi buruk	GM	5,500
15	Kerikil bersih bergradasi buruk campuran pasir kerikil	GP	5,500
16	Bergradasi baik, kerikil bersih	GW	5,500

e. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur bangunan akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi (baik itu gempa tektonika atau vulkanik) yang mempengaruhi suatu struktur tersebut. Struktur harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap dengan kekuatan yang cukup untuk menahan gaya gempa pada suatu daerah. Beban gempa yang diterapkan biasanya berupa beban gempa statik ekuivalen, *time history* dan *respon spectrum*.

### 2.2.2. Analisis Gempa berdasarkan SNI-1726-2012

#### a. Gempa Rencana

Peraturan yang menunjukkan hubungan gempa rencana yang digunakan dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara luas. Perencanaan gempa ditentukan berupa gempa dengan persentase terlampaui selama struktur bangunan berumur 50 tahun yaitu sebesar 2 persen.

#### b. Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Berdasarkan jenis kategori resiko struktural gedung dan lainnya akibat gempa rencana terhadapnya perlu dikalikan terhadap faktor keutamaan  $I_e$ . Struktur bangunan yang masuk dalam kategori resiko II, jika sewaktu-waktu diperlukan akses yang digunakan untuk keperluan dari struktur bangunan yang disampingnya, maka struktur bangunan yang berada disampingnya tersebut perlu direncanakan sesuai dengan kategori resiko II.

Tabel 2.7 Faktor keutamaan gempa (BSN,2012)

Kategori Risiko	Faktor Keamanan Gempa $I_e$
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

Tabel 2. 8 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalannya termasuk, tapi tidak dibatasi untuk antara lain <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan konstruksi kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lainnya, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan, rumah roko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar gedung dan perkantoran</li> </ul>	II



Tabel 2. 9 Lanjutan

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gedung apartemen dan rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industry, fasilitas manufaktur, pabrik</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia ketika mengalami kegagalan, seperti :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bioskop,</li> <li>- gedung pertemuan,</li> <li>- stadion,</li> <li>- fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat,</li> <li>- fasilitas penitipan anak,</li> <li>- penjara,</li> <li>- bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak tergolong kedalam kategori risiko IV, yang memiliki pengaruh terhadap ekonomi yang besar dan/atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari hari jika terjadi kegagalan , seperti :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pusat pembangkit listrik biasa,</li> <li>- fasilitas penangan air,</li> <li>- fasilitas penanganan limbah,</li> <li>- pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang bukan tergolong kedalam kategori risiko IV, yang mengandung bahan beracun atau bahan peledak yang dapat memicu bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori risiko IV.</p>	<p>III</p> <p>IV</p>

c. Simpangan (*Drift*) Akibat Gaya Gempa

BSN (2012) pada pasal (7.8.6) menjelaskan bahwa penentuan simpangan (*drift*) antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ), dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertical dari pusat massa tingkat diatasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan, simpangan antar lantai tingkat desain harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.

Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \tag{2.4}$$

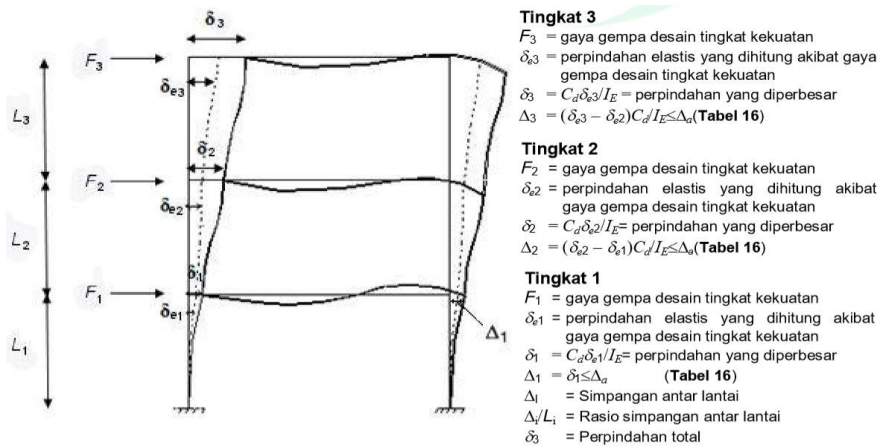
Dengan :

- $C_d$  = faktor pembesaran defleksi
- $\delta_x$  = defleksi pada lokasi yang disyaratkan
- $I_e$  = faktor keutamaan terhadap gempa

Tabel 2. 10 Simpangan antar lantai ijin ( $\Delta_a$ ) (BSN, 2012)

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit - langit dan sistem dinding eksterior yang telah di desain mengakomodasi simpangan antar tingkat	$0,025h_{sc}^x$	$0,020h_{sc}^x$	$0,015h_{sc}^x$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sc}^x$	$0,010h_{sc}^x$	$0,010h_{sc}^x$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sc}^x$	$0,007h_{sc}^x$	$0,007h_{sc}^x$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sc}^x$	$0,020h_{sc}^x$	$0,020h_{sc}^x$

BSN (2012) pada pasal 7.12.1.1 menjelaskan bahwa Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E atau F, simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi  $\Delta_d/\rho$  untuk semua tingkat.



Gambar 2. 2 Penentuan simpangan antar lantai

(Sumber : BSN, 2012)

d. Koefisien Modifikasi Respon

Nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) dan koefisien kuat lebih system ( $C_d$ ) dari system penahan gaya gempa yang berbeda diperbolehkan jika digunakan, untuk menahan gaya gempa pada masing-masing arah ke dua sumbu orthogonal. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam peraturan gempa SNI 1726 2012. Nilai ( $R$ ) dan ( $C_d$ ) diperoleh dari Tabel 2.11

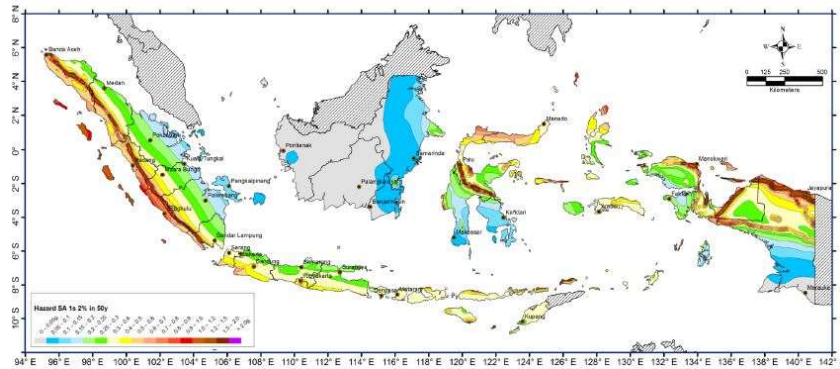
Tabel 2. 11 Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$

No	Sistem Penahan Gaya Seismik Sistem rangka pemikul momen	$R^a$	$\Omega_0^g$	$C_d$
1.	Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5,5
2.	Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5,5
3.	Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	3	4
4.	Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3	3
5.	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5
6.	Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4,5
7.	Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5
8.	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5,5
9.	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4,5
10.	Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5,5
11.	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2,5
12.	Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3,5	3	3,5

e. Peta Zona Gempa Indonesia

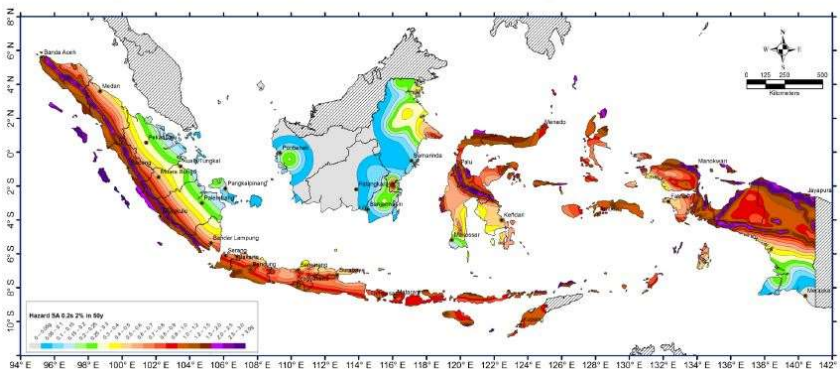
Parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek ( $S_s$ ) dan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik ( $S_1$ ) ditentukan berdasarkan respon spectral percepatan dalam peta persepatan seismic dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun menurut.

Peta percepatan spektrum respons 1.0 detik dengan nisbah redaman 5% di batuan dasar ( $S_0$ ) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun



Gambar 2. 3 Peta percepatan batuan dasar periode 1 detik ( $S_1$ )  
(Pusat studi gempa nasional, 2017)

Peta percepatan spektrum respons 0.2 detik dengan nisbah redaman 5% di batuan dasar ( $S_0$ ) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun



Gambar 2. 4 Peta percepatan batuan dasar priode 0,2 ( $S_2$ )  
(Pusat studi gempa nasional 2017)

#### f. Klasifikasi Situs

Keadaan lapisan sutau tanah dapat digolongkan menjadi beberapa kelas situs, kelas situs berfungsi untuk memberikan kriteria desain seismic berupa factor amplifikasi pada bangunan. Menurut Wangsadinata (2006), proses penentuan klasifikasi berdasarkan data tanah pada kedalaman hingga 30 m, karena menurut pnelitian lapisan-lapisan tanah sampai kedalaman 30 m saja yang menentukan pembesaran gelombang gempa. Sedangkan penentuan kelas situs berdasarkan SNI 1726-2012 dalam amplifikasi perumusan kriteria desain seismic suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus

diklasifikasikan terlebih dahulu sesuai pada table kelas situs, berdasar profil tanah lapisan 30 m paling atas.

### 2.2.3. Wilayah Gempa dan *Respons spektrum*

#### a. Parameter Percepatan Terpetakan

Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari *respons spektrum* percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila  $S_1 \leq 0,04$  g dan  $S_s \leq 0,15$  g, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A, dan cukup memenuhi persyaratan.

#### b. Kelas Situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA,SB,SC,SD ,SE, atau SF. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE Dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF

#### c. Koefisien-Koefisien

Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER). Untuk penentuan *respons spektrum* percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ). Dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) Yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a.S_s \quad (2.5)$$

$$S_{M1} = F_v.S_1 \quad (2.6)$$

Keterangan:

$S_s$  = parameter *respons spektrum* percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek;

$S_1$  = parameter *respons spektrum* percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1,0 detik. dan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$ . mengikuti Tabel 2.12 dan Tabel 2.13.

Tabel 2. 12 Koefisien Situs,  $F_a$  (BSN,2012).

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s=0,5$	$S_s=0,75$	$S_s=1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

Catatan :

Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan Interpolasi linier.

$S_s$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons situs-spesifik.

Tabel 2. 13 Koefisien Situs,  $F_v$ .

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1=0,2$	$S_1=0,3$	$S_1=0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,6	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

Catatan:

Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan Interpolasi linier,

$S_s$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons situs-spesifik.

d. Parameter Percepatan Spektrum Desain.

Parameter percepatan spektrum desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.7)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.8)$$

e. Spektrum Respons Desain

Spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.5 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.9)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ ;
3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.10)$$

Dengan :

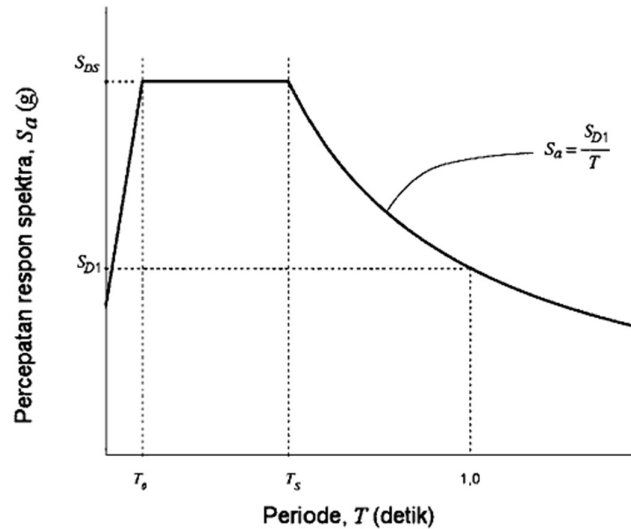
$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

$T$  = periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.11)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.12)$$



Gambar 2. 5 Spektrum respons desain  
(BSN,2012)

#### 2.2.4. Penentuan Periode

Periode fundamental struktur,  $T$ , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari Tabel 2.14 dan periode fundamental pendekatan,  $T_a$ , yang ditentukan sesuai dengan 2.2.5 Sebagai alternative pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur,  $T$ , diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan,  $T_a$ , yang dihitung sesuai dengan 2.2.4.

#### 2.2.5. Periode Fundamental Pendekatan

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

$$T_a = C_t h_n^x \quad (2.13)$$

Keterangan :

$T_a$  parameter percepatan *respons spektrum*,  $h_n$  adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 2.15.



Tabel 2. 14 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung (BSN,2012)

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik, $S_{DI}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 2. 15 Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$  (BSN,2012)

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupkan atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defelksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua system struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

### 2.2.6. Analisis Statik Ekuivalen

#### Geser Dasar Seismik, $V$

Geser dasar seismik,  $V$  dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan-persamaan:

$$V = C_s \cdot W \quad (2.14)$$

Keterangan :

- $V$  : geser dasar seismik,
- $C_s$  : koefisien respons seismik ,
- $W$  : berat seismik efektif.

#### Koefisien Respons Seismik, $C_s$

Koefisien respons seismik  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan persamaan 2.13 Sedangkan nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai persamaan 2.13 tidak perlu melebihi persamaan 2.14. Dan nilai  $C_s$  tidak boleh kurang dari persamaan 2.14.

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.15)$$

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.16)$$

$$C_s = 0,044 S_{DS} \geq I_e 0,01 \quad (2.17)$$

Keterangan :

$S_{DS}$  : parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek,

$R$  : faktor modifikasi respons

$I_e$  : faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan Tabel 2.7.

$C_s$  : koefisien respons seismik.

### 2.2.7. Syarat Vdinamik > 85% Vstatik

#### a. Skala Nilai Desain untuk Respon Terkombinasi

BSN (2012) pada pasal (7.9.4) menjelaskan bahwa, nilai akhir respon dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, dinyatakan dalam gaya geser dasar ( $V$ ). Gaya geser dasar ( $V$ ) harus dihitung dari setiap dua arah horizontal ortogonal dengan menggunakan nilai perioda ( $T$ ) dari masing – masing arah yang ditinjau.

#### b. Skala Gaya

BSN (2012) pada pasal (7.9.4.1) menjelaskan bahwa, bila perioda fundamental yang dihitung melebihi  $C_u T_a$ , maka  $C_u T_a$  harus digunakan sebagai pengganti dari  $T$  dalam arah itu. Kombinasi respon untuk geser dasar ragam yang disyaratkan ( $V_t$ ) berada kurang dari 85% dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) yang didapatkan melalui persamaan (2.14), maka gaya harus di kali dengan  $0,85 \frac{V}{V_t}$ .

#### c. Skala Simpangan antar Lantai

BSN (2012) pada pasal (7.9.4.2) menjelaskan bahwa, jika respon terkombinasi untuk geser dasar ragam yang disyaratkan ( $V_t$ ) berada kurang dari 85% dari gaya geser dasar nominal ( $V$ ) yang didapatkan melalui persamaan (2.14), maka simpangan antar lantai tersebut harus di kalikan dengan  $0,85 \frac{V}{V_t}$ .

### 2.2.8. Jarak Pemisahan Struktur Bangunan Menurut SNI-1726-2012

Jarak pemisah antar gedung menjadi suatu hal yang penting dalam sebuah pembangunan gedung tinggi dan berdekatan. Jarak pemisah antar gedung perlu dihitung agar jika terjadi suatu gempa gedung yang berdekatan tidak saling berbenturan. BSN (2012), bahwa semua bagian struktur harus didesain dan dibangun untuk bekerja sebagai satu kesatuan yang terintegrasi dalam menahan gaya-gaya gempa kecuali jika dipisahkan secara structural dengan jarak yang cukup memadai untuk menghindari benturan yang merusak.

Struktur bangunan harus diposisikan berjarak paling tidak sejauh  $\delta_M$  dari garis batas kepemilikan tanah.

$$\delta_M = \frac{C_d \delta_{max}}{I_e} \quad (2.18)$$

Dengan :

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$\delta_{max}$  = perpindahan elastic maksimum pada lokasi keritis

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa

Struktur bangunan yang bersebelahan harus dipisahkan minimal  $\delta_{MT}$ , yang dihitung dari persamaan 2.19.

$$\delta_{MT} = \sqrt{(\delta M1)^2 + (\delta M2)^2} \quad (2.19)$$

Keterangan :  $\delta M1$  dan  $\delta M2$  adalah perpindahan inelastik maksimum pada struktur-struktur bangunan yang bersebelahan di tepi-tepi yang berdekatan.

### 2.2.9. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan penting dalam perencanaan sebuah struktur agar struktur mampu menahan setiap beban yang bekerja secara individu maupun secara serentak bersamaan. Untuk Kombinasi pembebanan yang digunakan harus sesuai aturan yang berlaku sebagai berikut:

a. Kuat Perlu

BSN (2013) bahwa kekuatan perlu  $U$  harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor seperti pada Persamaan 2.20 hingga Persamaan 2.26 berikut:

$$U = 1,4D \quad (2.20)$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R) \quad (2.21)$$

$$U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W) \quad (2.22)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R) \quad (2.23)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L \quad (2.24)$$

$$U = 0,9D + 1,0W \quad (2.25)$$

$$U = 0,9D + 1,0E \quad (2.26)$$

kecuali sebagai berikut:

1. Faktor beban pada beban hidup  $L$  dalam persamaan 3.21 sampai 3.20 diizinkan direduksi sampai 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan publik, dan semua luasan dengan  $L$  lebih besar dari 4,8 kN/m<sup>2</sup>,
2. Bila  $W$  didasarkan pada beban angin tingkat layan,  $1,6W$  harus digunakan sebagai pengganti dari  $1,0W$  dalam Persamaan 2.23 dan 2.25, dan  $0,8W$  harus digunakan sebagai pengganti dari  $0,5W$  dalam Persamaan 2.22.

#### b. Kuat Nominal

Kuat nominal adalah kemampuan komponen struktur dalam menerima beban yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi metode perencanaan sebelum dikalikan dengan nilai faktor reduksi kekuatan yang sesuai. Beberapa kuat nominal yang akan dipakai adalah sebagai berikut:

1. Untuk momen, kuat nominal berupa kuat lentur nominal ( $M_n$ ),
2. Untuk gaya tekan, kuat nominal berupa kuat tekan nominal ( $P_n$ ),
3. Untuk gaya geser, kuat nominal berupa kuat geser nominal ( $V_n$ ),
4. Untuk gaya torsi, kuat nominal berupa kuat torsi nominal ( $T_n$ ).

#### c. Kekuatan Desain

BSN (2013) menjelaskan bahwa kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari Standar ini (SNI 03-2847-2013), yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan  $\phi$ . Faktor reduksi kekuatan yang ditentukan adalah sebagai berikut :

Lentur	= 0,8
Aksial Tarik	= 0,9
Aksial Tekan- <i>Ties</i>	= 0,65
Aksial Tekan- <i>Spiral</i>	= 0,75
Geser	= 0,75

### 2.2.10. Pengaruh P-Delta

SNI 1726:2012 pada pasal 7.8 menjelaskan bahwa pengaruh P-delta pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas ( $\theta$ ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10:

$$\theta = \frac{P_x \times \delta \times I_e}{V_x \times H_{Sx} \times C_d} \quad (2.27)$$

Keterangan:

$P_x$	= Beban desain seismic total pada dan di atas tingkat x (kN)
$\delta$	= Simpangan antar lantai (mm)
$I_e$	= Faktor keutamaan gempa
$V_x$	= Gaya geser seismic yang bekerja antara tingkat x dan 1x (kN)
$H_{sx}$	= Tinggi tingkat di bawah tingkat x (mm)
$C_d$	= Faktor pembesaran defleksi ( $C_d = 5,5$ )

Koefisien stabilitas ( $\theta$ ) harus tidak melebihi  $\theta_{maks}$ , yang ditentukan sebagai berikut :

$$\theta_{maks} = \frac{0.5}{\beta \times C_d} \leq 0.25 \quad (2.28)$$

dimana  $\beta$  adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x dan x-1. Rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0.

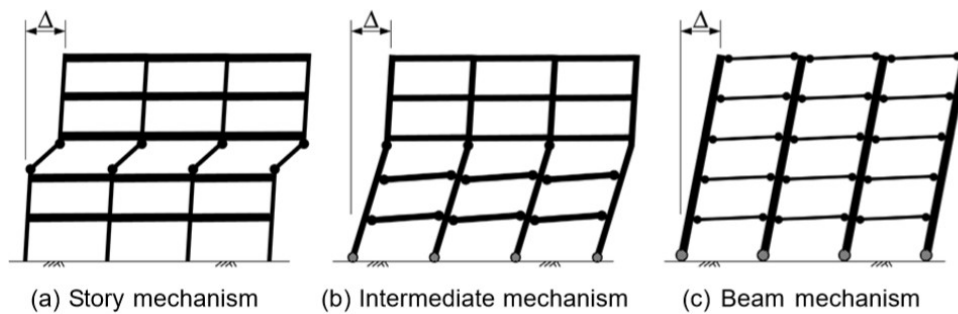
Jika koefisien stabilitas ( $\theta$ ) lebih besar dari 0,10 tetapi kurang dari atau sama dengan koefisien stabilitas maksimum ( $\theta_{maks}$ ), faktor peningkatan terkait dengan pengaruh P-delta pada perpindahan dan gaya komponen struktur harus ditentukan

dengan analisis rasional. Sebagai alternative diijinkan untuk mengalikan perpindahan dan gaya komponen struktur dengan  $1,0/(1-\theta)$ .

Jika koefisien stabilitas ( $\theta$ ) lebih besar dari koefisien stabilitas maksimum ( $\theta_{maks}$ ), struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain kembali. Jika pengaruh P-delta disertakan dalam analisis otomatis, persamaan koefisien stabilitas maksimum ( $\theta_{maks}$ ) masih harus dipenuhi, akan tetapi, nilai koefisien stabilitas ( $\theta$ ) yang dihitung dari persamaan sebelumnya menggunakan hasil analisis P-delta diijinkan dibagi dengan  $(1 + \theta)$  sebelum diperiksa dengan persamaan koefisien stabilitas maksimum ( $\theta_{maks}$ ).

### 2.2.11. Kolom Kuat Balok Lemah

NEHRP *Seismic Design Technical Brief* No. 1 menjelaskan bahwa pada saat struktur mengalami gaya lateral gempa, distribusi kerusakan sepanjang ketinggian bangunan bergantung pada distribusi lateral *story drift* (simpangan antar lantai). Jika struktur memiliki kolom yang lemah, simpangan antar lantai akan cenderung terpusat pada satu lantai (gambar 2.6a). Sebaliknya jika kolom sangat kuat, maka *drift* akan tersebar merata, dan keruntuhan lokal di satu lantai dapat diminimalkan (gambar 2.6b dan 2.6c).



Gambar 2. 6 Kolom kuat balok lemah

(Sumber : NEHRP)