

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Menurut Schodek (1999), gempa bumi terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi dengan faktor utamanya yaitu benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Gempa bumi menjalar dalam bentuk gelombang dengan suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya menjadi bergetar. Getaran akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan.

Menurut Cormak (1995), kekuatan bangunan perlu diperhatikan untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya terutama bangunan pada lantai atas. Semakin tinggi bangunan, defleksi lateral yang terjadi juga semakin besar pada lantai atas.

Menurut SNI-1726-2012 pasal 1.3 tujuan struktur gedung direncanakan berdasarkan ketahanan gempa sebagai berikut ini.

- a. Meminimalisir terjadinya korban jiwa manusia terhadap runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat.
- b. Kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai gempa sedang dibatasi, sehingga masih dapat diperbaiki.
- c. Ketidaknyamanan penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai gempa sedang dibatasi.
- d. Pertahanan layanan vital dan fungsi gedung.

Menurut *Applied Tecnology Council (ATC)-40*, kriteria-kriteria struktur tahan gempa adalah sebagai berikut ini.

1. *Immediate Occupancy (IO)*

Bila gempa terjadi, struktur mampu menahan gempa tersebut, struktur tidak mengalami kerusakan non struktural sehingga dapat langsung dipakai.

2. *Life Safety (LS)*

Struktur gedung harus mampu menahan gempa sedang tanpa kerusakan struktural, walaupun ada kerusakan pada elemen non-struktur.

3. *Collapse Prevention (CP)*

Struktur harus mampu menahan gempa besar tanpa terjadi keruntuhan struktural walaupun struktur telah mengalami rusak berat, artinya erusakan struktur boleh terjadi tetapi harus dihindari adanya korban jiwa manusia.

Menurut Schodek (1999), kestabilan struktur dapat dijamin dengan cara seperti berikut ini.

1. Elemen struktur diagonal pada struktur diberikan penambahan sehingga struktur tidak mengalami *deformasi* menjadi jajar genjang. Elemen struktur ditambahkan dengan elemen struktur diagonal gaya-gaya karena pada struktur akan disebarkan keseluruhan bagian termasuk ke elemen diagonal, gaya yang diterima masing-masing struktur akan berkurang sehingga simpangan yang dihasilkan lebih kecil.
2. Penambahan dinding geser yang elemennya merupakan elemen permukaan bidang kaku yang dapat menahan *deformasi* akibat beban horisontal dan simpangan horisontal sehingga hasil yang didapatkan akan lebih kecil.
3. Perubahan hubungan antara elemen struktur sedemikian rupa sehingga perubahan sudut untuk suatu kondisi pembebanan tertentu. Hal ini dengan membuat titik hubungan kaku di antara setiap kaki meja dengan permukaan meja yang menjamin hubungan sudut konstan diantara elemen tersebut, sehingga struktur menjadi lebih kaku. Dalam menentukan letak bresing maupun dinding geser hendaknya simetris. Hal ini untuk menghindari efek torsional.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Sitorus dkk. (2017) melakukan penelitian dengan judul “*The Effect of Shear wall Location in Resisting Earthquake*” penelitian ini menggunakan *software ETABS* tentang analisis dinamik pada bangunan bertingkat di Sumatra Utara dengan membandingkan posisi *shearwall* yaitu kerangka terbuka, dinding geser pada inti secara simetris, dinding geser pada pinggiran secara simetris, dan dinding geser pada pinggiran tidak simetris menggunakan metode analisis dinamik respon spektrum. Hasil yang didapatkan yaitu berdasarkan analisis, penempatan dinding geser pada inti struktur secara simetris memberikan kinerja terbaik untuk mengurangi perpindahan dan penyimpangan cerita. Ini dapat mengurangi perpindahan hingga 61,16% (dir-X) dan 70,60% (dir-Y). Penempatan dinding geser di pinggiran secara simetris akan mengurangi perpindahan hingga 53,85% (X-dir) dan 47,87% (Y-dir) sedangkan penempatan dinding geser di pinggiran secara

asimetris mengurangi perpindahan hingga 59,42% (X-dir) dan 66,99% (Y-dir) dan lokasi terbaik untuk struktur adalah struktur dengan tipe permodelan model 2.

Sapei dkk. (2015) dengan judul “Evaluasi Ketahanan Gempa pada Struktur Gedung X di Jakarta Berdasarkan SNI 03-1726-2012” penelitian ini menggunakan *software* ETABS versi 9.7.2 dan tujuan dilakukan analisis yaitu untuk menganalisis pembebanan gempa dinamik spektrum respon ragam dengan hasil dari analisis nilai gaya geser respon spektrum respon ragam (V_t) lebih besar dari 85% V statik sehingga permodelan memenuhi syarat SNI 1726:2012 dan nilai *story drift* maksimum kinerja batas ultimit arah X sebesar 68,60 mm dan arah Y sebesar 101,20 mm sehingga gedung X di Jakarta belum memenuhi syarat aman terhadap batas ultimum atau simpangan antar lantai tingkat yang diizinkan yaitu 0,007 hsx

Wijaya dkk. (2014) melakukan penelitian dengan judul “Tinjauan Penggunaan *Shear wall* Sebagai Pengaku Struktur Portal Gedung Bertingkat di Daerah Rawan Gempa” penelitian menggunakan SAP2000 v 11. Analisis dilakukan untuk membandingkan kekuatan portal dengan *shear wall* dan tanpa *shear wall* dan hasil yang didapatkan yaitu struktur portal menggunakan *shear wall* lebih kaku dibandingkan tanpa *shear wall*.

Nugroho (2017) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Dinding Geser Terhadap Perencanaan Kolom dan Balok Bangunan Gedung Beton Bertulang” penelitian ini dilakukan menggunakan *software* SAP2000 dan analisis dilakukan yaitu dengan tujuan untuk membandingkan hasil analisis struktur dengan jumlah kolom dan balok yang diperlukan pada struktur rangka dengan dinding geser dan tanpa dinding geser. Hasil yang diperoleh yaitu nilai rasio tulangan kolom lebih kecil dibandingkan dengan struktur rangka tanpa dinding geser.

Aulia dkk. (2015) dengan judul “Kinerja Struktur Gedung Tinggi Menggunakan Studi Permodelan *Frame wall*” dalam penelitian ini peneliti menggunakan gedung mataram city sebagai bahan studi kasus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penempatan *frame wall* dalam suatu struktur agar dapat menahan beban dengan baik. Metode yang digunakan analisis dinamik respon spektrum dengan program ETABS 2013 V13.1.3. hasil dari penelitian yaitu diperoleh *displacement* maksimum gedung arah X adalah 0,1827 m dan arah Y adalah 0,13134 m sehingga apabila ditinjau dari kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit gedung dinyatakan memenuhi syarat (aman) sesuai SNI 1726:2002. SW 2 adalah perletakan *shear wall* yang paling efektif berdasarkan Kinerja

Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimit. Maksimum total *drift* arah X adalah 0.00279 dan arah Y adalah 0.00201. Maksimum total inelastik *drift* arah X adalah 0.00277 dan arah Y adalah 0.00200.

Gushendra dkk. (2015) dengan judul “Perbandingan Analisa Struktur Model Portal *Open Frame*, *Bresing* dan Dinding Geser pada Struktur Gedung Beton Bertulang Terhadap Beban Gempa” melakukan penelitian terhadap struktur beton bertulang dengan melakukan perbandingan analisis model struktur berupa *open frame*, *bresing* dan dinding geser terhadap beban gempa sehingga dapat diketahui struktur beton bertulang yang efektif terhadap beban gempa menggunakan SAP2000 sebagai *software* permodelan dengan hasil yaitu rasio simpangan antar lantai pada masing- masing model struktur masih dalam batas izin, dengan perpindahan (*displacement*) dan gaya dalam struktur *open frame* lebih besar dari model struktur portal yang menggunakan *bresing* dan dinding geser.

Febbrian, dkk. (2014) dengan judul “Evaluasi Kinerja Gaya Gempa pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Respon Spektrum Berdasarkan *Base Share*, *Dispalacement*, dan *Drift* Menggunakan Software ETABS” penelitian ini tentang evaluasi kinerja gaya gempa pada gedung bertingkat dengan menganalisis respon spektrum berdasarkan *base share*, *dispalacement*, dan *drift* menggunakan software ETABS dengan studi kasus hotel di Karanganyar. Berdasarkan hasil penelitian berdasarkan SNI 03-1726-2012 nilai akhir respons dinamik struktur memenuhi syarat dan aman terhadap syarat evaluasi kinerja batas layan dan batas ultimit. Berdasarkan hasil analisis dinamik respon spektrum nilai maksimum total *drift* dan *inelastik drift* termasuk dalam kategori level *immediate Occupancy* yang aman jika terjadi gempa.

Purnomo dkk. (2014) penelitian ini dengan judul “Analisi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum menggunakan *Software* ETABS” dilakukan untuk menganalisis kinerja dari suatu struktur gedung bertingkat ditinjau dengan menganalisis respon spektrum berdasarkan *base share*, *dispalacement*, dan *drift* menggunakan *software* ETABS. Hasil dari penelitian yaitu nilai *displacement* pada gedung hotel tingkat 10 di Semarang untuk salah satu pengaruh beban gempa terhadap bangunan di lantai teratas tidak memenuhi syarat kinerja batas layan.

Fauziah (2013) dengan judul “ Pengaruh Penempatan dan Posisi Dinding Geser Terhadap Simpangan Bangunan Beton Bertulang Bertingkat Banyak Akibat Beban

Gempa” menggunakan *software ETABS* bertujuan untuk menghitung dan membandingkan simpangan horisontal struktur dengan penempatan dinding geser diagonal dan searah sumbu x sumbu y dan hasil yang didapatkan yaitu penempatan dan orientasi dinding geser memberikan pengaruh terhadap simpangan horisontal struktur. Penempatan dinding geser searah beban gempa rencana menghasilkan simpangan horisontal yang lebih kecil, sehingga lebih aman dan efisien jika digunakan dalam perancangan struktur.

Reddy dkk. (2015) berjudul “*Seismic Analysis of Multi-Stories Building with Shear Walls Using ETABS-201 3*” penelitian tentang analisis seismik bangunan bertingkat dengan dinding geser menggunakan *software ETABS*. Penelitian menggunakan respon spektrum dalam analisis dinamik dan perbandingan penggunaan *shear wall* dengan bentuk yang berbeda. Hasil analisis yang didapatkan yaitu seluruh model simetris arah x tidak ada efek torsi hal ini disebabkan oleh pusat massa dan pusat kekakuan lebih dekat karena kinerja dinding geser lebih baik daripada struktur tanpa dinding.

2.1.2 Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Tabel 2.1 merupakan perbandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan, yaitu sebagai berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian		Perbedaan	
			Terdahulu	Sekarang	Terdahulu	Sekarang
1	<i>The Effect of Shear wall Location in Resisting Earthquake</i>	2017	<i>Software ETABS</i>	<i>Software SAP2000</i>	Analisis dinamik dengan perbandingan dinding geser pada pinggir, inti permodelan dan pinggir tidak simetris	Analisis dinamik dengan perbandingan <i>open frame, shear wall</i> tengah, <i>shear wall</i> tepi, dan <i>shear wall</i> kombinasi
2	Evaluasi Ketahanan Gempa pada Struktur Gedung X di Jakarta Berdasarkan SNI 03-1726-2012	2015	<i>Software ETABS</i>	<i>Software SAP2000</i>	Analisis dinamik terhadap gedung X di Jakarta	Analisis dinamik dengan perbandingan <i>open frame, shear wall</i> tengah, <i>shear wall</i> tepi, dan <i>shear wall</i> kombinasi pada gedung hotel El Royale

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian		Perbedaan	
			Terdahulu	Sekarang	Terdahulu	Sekarang
3	Tinjauan Penggunaan <i>Shear wall</i> Sebagai Pengaku Struktur Portal Gedung Bertingkat di Daerah Rawan Gempa	2014	<i>Software SAP2000</i>	<i>Software SAP2000</i>	Analisis penggunaan <i>shear wall</i> pada daerah rawan gempa	Analisis dinamik dengan perbandingan <i>open frame</i> , <i>shear wall</i> tengah, <i>shear wall</i> tepi, dan <i>shear wall</i> kombinasi
4	Pengaruh Dinding Geser Terhadap Perencanaan Kolom dan Balok Bangunan Gedung Beton Bertulang	2017	<i>Software SAP2000</i>	<i>Software SAP2000</i>	Pengaruh dinding geser terhadap perencanaan kolom dan balok	Analisis dinamik respon spektrum dan pengaruh letak <i>shear wall</i> terhadap kekuatan struktur
5	Kinerja Struktur Gedung Tinggi Menggunakan Studi Permodelan <i>Frame wall</i>	2015	<i>Software ETABS</i>	<i>Software SAP2000</i>	Analisis kinerja struktur terhadap Penempatan <i>frame wall</i> pada gedung bertingkat	Analisis dinamik respon spektrum dan pengaruh letak <i>shear wall</i> terhadap kekuatan struktur
6	Perbandingan Analisa Struktur Model Portal <i>Open Frame</i> , <i>Bresing</i> dan Dinding Geser pada Struktur Gedung Beton Bertulang Terhadap Beban Gempa	2015	<i>Software ETABS</i>	<i>Software SAP2000</i>	Perbandingan Analisis Struktur Model Portal <i>Open Frame</i> , <i>Bresing</i> dan Dinding Geser pada Struktur Gedung Beton Bertulang	Analisis dinamik dengan perbandingan <i>open frame</i> , <i>shear wall</i> tengah, <i>shear wall</i> tepi, dan <i>shear wall</i> kombinasi pada gedung hotel El Royale
7	Analisi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum menggunakan <i>Software ETABS</i>	2014	<i>Software ETABS</i>	<i>Software SAP2000</i>	Analisis dinamik respon spektrum pada gedung bertingkat	Analisis dinamik respon spektrum dan pengaruh letak <i>shear wall</i> terhadap kekuatan struktur yaitu <i>open frame</i> , <i>shear wall</i> tengah, <i>shear wall</i> tepi, dan <i>shear wall</i> kombinasi

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan penelitian terdahulu dan sekarang

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian		Perbedaan	
			Terdahulu	Sekarang	Terdahulu	Sekarang
8	Evaluasi Kinerja Gaya Gempa pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Respon Spektrum Berdasarkan <i>Base Share, Dispalacement, dan Drift</i> Menggunakan Software ETABS	2014	<i>Software ETABS</i>	<i>Software SAP2000</i>	Analisis dinamik respon spektrum pada gedung bertingkat	Analisis dinamik respon spektrum dan pengaruh letak <i>shear wall</i> terhadap kekuatan struktur
9	Penempatan dan Posisi Dinding Geser Terhadap Simpangan Bangunan Beton Bertulang Bertingkat Banyak Akibat Beban Gempa	2013	<i>Software ETABS</i>	<i>Software SAP2000</i>	Pengaruh penempatan dinding geser dengan analisis dinamik respon spektrum pada gedung bertingkat	Analisis dinamik respon spektrum dan pengaruh letak <i>shear wall</i> terhadap kekuatan struktur
10	<i>Seismic Analysis of Multi-Stories Building with Shear Walls Using ETABS-2013</i>	2015	<i>Software ETABS</i>	<i>Software SAP2000</i>	Analisis dinamik dengan perbandingan bentuk dinding geser	Analisis dinamik dengan perbandingan <i>open frame, shear wall</i> tengah, <i>shear wall</i> tepi, dan <i>shear wall</i> kombinasi

Berdasarkan perbandingan penelitian pada Tabel 2.1, penelitian sekarang berbeda hasil dan tinjauannya. Selain itu, data yang digunakan pada penelitian sekarang berbeda dengan sebelumnya sehingga peneliti yakin bahwa penelitian ini asli.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Gempa Bumi

Gempa bumi (*earth quake*) adalah pergerakan/pergeseran lapisan batuan atau lempeng bumi yang diakibatkan oleh bergetarnya bumi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik yaitu disebut sebagai gempa bumi tektonik dan

gempa bumi dapat terjadi akibat aktifitas gunung merapi yaitu disebut sebagai gempa bumi vulkanik.

Gelombang gempa (*seismic wave*) merupakan rambatan energi yang disebabkan oleh adanya pergerakan pada kerak bumi yang biasanya terjadi akibat ada patahan atau ledakan dan energy yang dihasilkan dapat merambat ke semua bagian pada bumi.

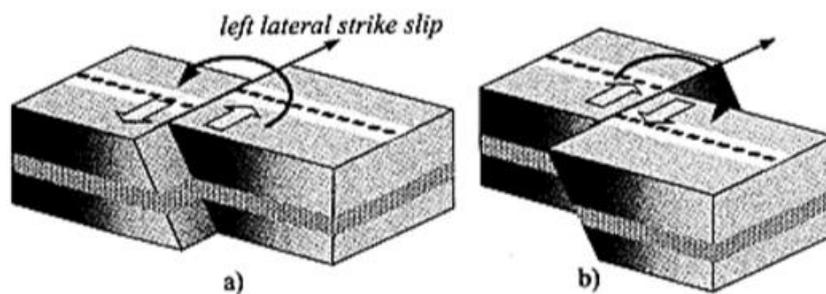
Chen dkk. (2006) mengatakan bahwa dari semua penyebab terjadinya gelombang gempa, peristiwa tektonik merupakan penyebab utama dari kerusakan struktur dan merupakan kajian utama dalam kajian tentang bahaya gempa.

Aulia dkk. (2015) mengatakan bahwa analisis gempa dapat dibagi menjadi dua yaitu analisis dinamik dan analisis statik ekuivalen. Analisis dinamik adalah analisis struktur yang pembagian gaya geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dari pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur sedangkan analisis statik ekuivalen yaitu pengaruh gempa dianggap sebagai beban statik horizontal yang didapatkan dari perhitungan respon ragam getar.

2.2.2. Macam-macam Patahan pada Lempeng Bumi

1. *Stike Slip Faults*

Strike slip adalah patahan yang mana massa batuan menggeser secara horizontal, patahan ini terjadi akibat dua lempeng tektonik atau dua massa batuan yang bergerak horizontal secara berlawanan.

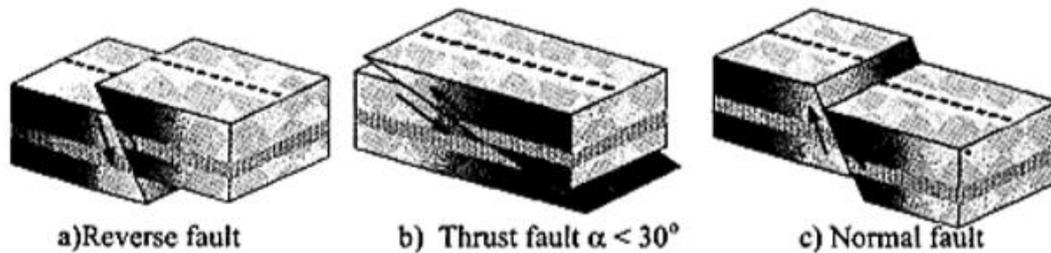


Gambar 2.1 *Lateral Strike-Slip* arah kanan dan kiri (Widodo, 2012)

2. *Dip-Slip Fault*

Apabila *strik-slip*, slipnya massa batuan searah dengan *strike vector* (mendatar), maka pada *dip-slip*, slipnya massa batuan akan searah dengan *dip vector* (slip ke

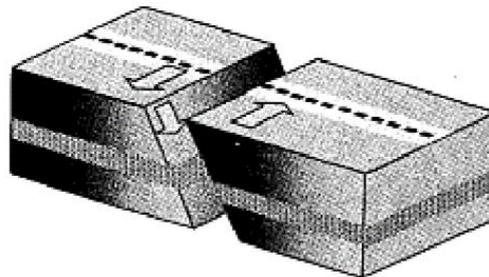
atas/bawah). *Slip* jenis ini dikategorikan menjadi dua hal pokok yaitu slip akibat gaya desak (*compression stress*) dan slip akibat gaya tarik (*tension stress*).



Gambar 2.2 *Reverse fault, Thrust fault, Normal Fault* (Widodo, 2012)

3. *Dip-Strike Slip Fault*

Fault jenis ini merupakan kombinasi antara *strike-slip fault* dengan *dip-slip fault*. Patahan kombinasi ini umumnya disebut *oblique fault* (OF). Kenyataan dilapangan menunjukkan bahwa suatu *fault* kadang-kadang tidak murni satu jenis tetapi dapat kombinasi diantaranya.



Gambar 2.3 *Dip-Strike Model* (Widodo, 2012)

2.2.3 Analisis Dinamik

Dinamik secara sederhana dapat didefinisikan sebagai perubahan waktu. Beban dinamik adalah setiap beban yang besarnya, arahnya atau posisinya berubah menurut waktu. Demikian juga respon struktur terhadap beban dinamik, yaitu lendutan dan tegangan yang dihasilkan, juga perubahan waktu atau sifat dinamik (Clough and Penzien, 1997).

Analisis dinamik untuk perencanaan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku struktur dari struktur akibat pengaruh gempa, khususnya pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis. Pada cara

elastis dibedakan Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*) pada cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respons (*Respon Spectrum Modal Analysis*) dimana pada cara ini respons maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari Spektrum Respons Rencana (*Design Spectra*). Pada analisis dinamik elastis digunakan untuk mendapatkan respons struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat dengan cara integrasi langsung (*Direct Integration Method*).

Respon spektrum adalah plot antara nilai-nilai maksimum percepatan, kecepatan, maupun simpangan massa struktur dengan derajat kebebasan tunggal akibat gempa lawan periode getarnya. Faktor respon gempa dinyatakan dalam bentuk percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung yang disajikan dalam bentuk kurva antara periode struktur T , dengan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Analisis dinamik respon spektrum memiliki ketelitian lebih tinggi dalam memberikan pembagian gaya geser tingkat disepanjang tinggi gedung dibandingkan dengan analisis statik ekuivalen.

1. Kategori risiko dan parameter respon spektrum struktur bangunan

Beban gempa pada struktur bangunan baik gedung maupun non gedung. berdasarkan kategori risiko dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan faktor keutamaan I_e dapat dilihat pada Tabel 2.2 serta Koefisien situs F_a dan F_v dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4. seperti berikut ini.

Tabel 2.2 Kategori risiko (SNI 1726-2012)

Jenis Pemanfaatan	Kategori
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain seperti berikut ini.	
- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan	I
- Fasilitas sementara	
- Gudang penyimpanan	
- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk fasilitas berikut ini.	
- Perumahan	II
- Rumah toko dan rumah kantor	
- Pasar	
- Gedung perkantoran	
- Gedung apartemen/ rumah susun	
- Pusat perbelanjaan/ mall	
- Bangunan industri	
- Fasilitas manufaktur dan parkir	

Lanjutan Tabel 2.2 Kategori risiko (SNI 1726-2012)

Jenis Pemanfaatan	Kategori
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk fasilitas berikut ini.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 	
<p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk gedung dengan fasilitas berikut ini</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikas 	III
<p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk gedung berikut ini.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat 	IV

Lanjutan Tabel 2.2 Kategori risiko (SNI 1726-2012)

- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau mineral 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 risiko IV.

Tabel 2.3 Faktor keutamaan gempa (SNI 1726-2012)

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, Ie
I	1
II	1
III	1.25
IV	1.5

Tabel 2.4 Koefisien situs Fa (SNI 1726-2012)

Kelas	Ss				
	0.25	0.5	0.75	1	1.25
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.2	1.2	1.1	1	1
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Tabel 2.5 Koefisien situs Fv (SNI 1726-2012)

Kelas	S1				
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
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	2.6	2.4	2.4

2. Desain respon spektrum

Pada Gambar 2.4 grafik desain respon spektrum harus berpatokan pada ketentuan ketentuan seperti berikut ini.

- a. ($T < T_0$) maka,

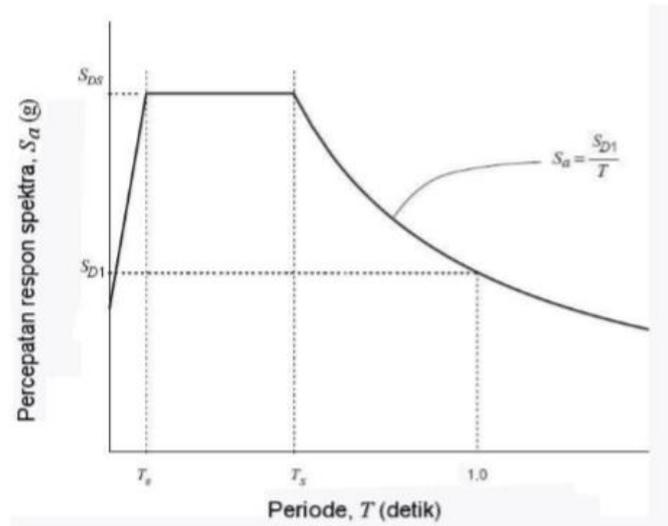
$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 (T/T_0)) \quad (2.1)$$

- b. ($T_0 \leq T \leq T_s$) maka

$$S_a = S_{DS} \quad (2.2)$$

c. ($T_0 \leq T \leq T_s$) maka

$$S_a = (S_{D1} / T) \quad (2.3)$$



Gambar 2.4 Grafik Hubungan S_a dan T pada desain respon spektrum (SNI 1726-2012)

3. Kategori desain seismik

Berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek di SNI Gempa 1726-2012 pasal 8, kategori desain seismik dapat dilihat pada Tabel 2.6 seperti berikut ini.

Tabel 2.6 Kategori desain seismik (SNI 1726-2012)

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

4. Periode fundamental

Periode fundamental ditentukan berdasarkan peninjauan terhadap pendekatan fundamental. Karakteristik deformasi elemen penahan dan properti struktur digunakan untuk meninjau Periode fundamental struktur (T) yang tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan yang dihitung yaitu C_u . Perhitungan periode fundamental dihitung berdasarkan SNI Gempa 1726-2012 pasal 7.8.2.1

Periode fundamental pendekatan dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$T_a = C_t \times h n^x \quad (2.4)$$

Pada perhitungan 2.4 dibutuhkan koefisien C_t dan x untuk menghasilkan nilai parameter perioda pendekatan yang dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Nilai C_t dan x (SNI 1726:2012)

Tipe Struktur	C_t	X
Sistem rangka pemikul momen yang rangkanya memikul 100% gaya gempa yang telah disyaratkan dan mampu mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa tanpa ditambah komponen yang lebih kaku		
Pemikul momen rangka baja	0,0724	0,8
Pemikul momen rangka beton	0,0466	0,9
rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Perioda fundamental struktur (T) dihitung menggunakan persamaan 2.5 dengan nilai C_u ditentukan pada SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1

$$T = T_a \times C_u \quad (2.5)$$

Nilai C_u dapat ditentukan seperti pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 koefisien C_u (SNI 1726:2012)

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik SD_1	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

5. Kontrol geser dasar seismik

Geser dasar seismik (V) merupakan total dari gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa secara keseluruhan dan ditentukan sesuai dengan persamaan 2.6 yang terdapat didalam SNI 1726:2012 pasal 7.8.1

$$V = C_s \times W \quad (2.6)$$

Koefisien respon seismik C_s terdapat didalam SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1 dan dihitung menggunakan persamaan 2.7 sebagai berikut ini.

$$C_{smin} = \frac{SDS}{\frac{R}{I_e}} \quad (2.7)$$

$$C_s = \frac{SD1}{T(\frac{R}{I_e})} \quad (2.8)$$

$$C_s = 0,044 \times SDS \times I_e \geq 0,01 \quad (2.9)$$

6. Distribusi gaya gempa

Distribusi vertikal gaya gempa terdapat didalam SNI 1726-2012 pasal 7.8.3. dihitung menggunakan persamaan 2.10 dan persamaan 2.11.

$$F_x = C_{vx} \times V \quad (2.10)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_x \times h_x^k} \quad (2.11)$$

7. Torsi

Distribusi gaya lateral tiap-tiap tingkat pada diafragma yang tidak fleksibel harus memperhitungkan pengaruh momen torsi bawaan yang dihasilkan dari eksentrisitas Antara lokasi pusat massa dan pusat kekakuan.

Pembesaran momen torsi tak terduga terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.8.4.3 dan ditentukan berdasarkan persamaan 2.12.

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2\delta_{max}} \right)^2 \quad (2.12)$$

Torsi memiliki faktor pembesaran yang disyaratkan tidak melebihi 3,0 dan syarat ketidakberaturan struktur terhadap torsi yaitu sebagai berikut ini.

$$\delta_{Max} < 1,2\delta_{Avg} \quad = \text{Tidak terjadi ketidakbearturan struktur}$$

$$1,2\delta_{Avg} < \delta_{Max} < 1,4\delta_{Avg} \quad = \text{Terjadi ketidakbearturan torsi 1a}$$

$$\delta_{Max} > 1,4\delta_{Avg} \quad = \text{Terjadi ketidakbearturan torsi 1b}$$

8. Pengaruh P-delta

P-delta berpengaruh pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur dan simpangan antar lantai tingkat yang muncul dihitung seperti persamaan 2.13. dan 2.14.berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.7

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (2.13)$$

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta \times C_d} \leq 0,25 \quad (2.14)$$

9. Kekakuan

Widodo (2012) Kekakuan pada struktur diharapkan dapat membuat kemampuan balok dalam mengekang rotasi ujung kolom sehingga dapat membuat kolom menjadi lebih kaku. Kekakuan pada struktur dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ini.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.15)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (2.16)$$

2.2.4 Sistem Struktur *Shear wall*

Dalam suatu permodelan, struktur dapat dirancang dengan sistem struktur terbuka dan sistem struktur rangka ber dinding. Struktur rangka ber dinding di dalam permodelan berfungsi sebagai pemikul beban seperti balok dan kolom sehingga diperhitungkan kekuatannya. *Shear wall* merupakan dinding geser yang menahan beban lateral dimana beban gravitasi berasal dari *frame* beton bertulang. Penempatan *shear wall* pada suatu bangunan harus diperhatikan agar dapat berfungsi dengan baik karena *shear wall* merupakan salah satu sistem yang berfungsi untuk menjaga kestabilan struktur dan memberikan pertahanan terhadap beban yang ditumpu karena penempatan sistem penjaga kestabilan ini juga dapat berpengaruh terhadap perilaku bangunan dalam menerima beban. Dinding geser adalah salah satu sistem penahan beban lateral yang paling umum digunakan pada bangunan. Dinding geser memiliki kekakuan dan kekuatan bidang yang tinggi yang secara bersamaan dapat menahan beban horizontal besar dan mendukung beban gravitasi, yang secara signifikan mengurangi goyangan lateral bangunan dan dengan demikian mengurangi kerusakan pada struktur dan isinya. Ketika dinding geser cukup kuat, itu akan memindahkan beban horizontal ke elemen berikutnya di jalur beban di bawahnya seperti lantai, dinding geser lainnya, lempengan atau pijakan.

Schueller (1977) mengatakan bahwa dinding geser atau *shear wall* dapat dibangun pada sisi luar maupun sisi dalam dari suatu bangunan tanpa adanya batasan geometris dari dinding geser dan sistem dinding geser dibagi menjadi dua yaitu sistem terbuka dan tertutup yang dikedua sisi dapat diletakkan dengan simetris ataupun tidak simetris.