

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gedung

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung, bangunan gedung adalah 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. Penyelenggaraan bangunan gedung adalah kegiatan pembangunan yang meliputi proses perencanaan teknis dan pelaksanaan konstruksi, serta kegiatan pemanfaatan, pelestarian, dan pembongkaran. Bangunan gedung diselenggarakan berlandaskan asas kemanfaatan, keselamatan, keseimbangan, serta keserasian bangunan gedung dengan lingkungannya. Bangunan gedung yang dibangun di atas, dan/atau di bawah tanah, air, dan/atau prasarana dan sarana umum tidak boleh mengganggu keseimbangan lingkungan, fungsi lindung kawasan, dan/atau fungsi prasarana dan sarana umum yang bersangkutan.

Struktur bangunan gedung harus stabil dan kukuh dalam mendukung beban muatan hidup dan beban muatan mati, serta untuk daerah/zona tertentu kemampuan untuk mendukung beban muatan yang timbul akibat perilaku alam.

2.2 Showroom

Showroom adalah suatu usaha yang berhubungan dengan retail, dimana orang didorong untuk melihat barang yang dijual sebelum membelinya (Cambridge Advanced Learner's Dictionary & Thesaurus). *Showroom* harus dapat menarik minat dan keinginan pengunjung untuk membeli ataupun mengetahui spesifikasi barang yang di pamerkan. Dalam perencanaan struktur bangunan *showroom* faktor keamanan struktur harus diperhatikan, agar tidak menimbulkan kerugian akibat bencana alam ataupun kesalahan dalam desain struktur. *Showroom* memiliki 2 jenis, yaitu :

- 1) *Showroom* permanen, adalah *showroom* yang dipakai untuk jangka panjang dan bersifat menetap.
- 2) *Showroom* sementara, adalah *showroom* yang dipakai hanya untuk beberapa waktu tertentu seperti pameran.

2.3 Pembebanan

Pembebanan yang digunakan pada pemodelan *showroom* mobil ialah beban hidup, beban mati, dan beban gempa. Berdasarkan SNI 1727:2013 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 beban keran. Beban mati merupakan semua beban yang berasal dari berat sendiri struktur *showroom* mobil termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap. Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari karyawan, para pengunjung *showroom* mobil, dan kendaraan-kendaraan yang dipamerkan. Sedangkan beban gempa adalah beban yang bekerja pada struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan oleh adanya pergerakan aktivitas tektonik dan vulkanik. Nilai kurva respon spektrum dan riwayat waktu (*time history*) dapat diperoleh dari *website* Desain Spektra Indonesia dan *website* *Cosmos Earthquake Data*. Nilai tersebut berbeda-beda tergantung daerah yang ditinjau.

Beban yang diperhitungkan pada perencanaan gedung ini, yaitu :

a) Beban mati (*Dead Load/DL*)

Beban mati yang bekerja pada struktur ini berupa berat sendiri pelat, berat sendiri balok, dan berat sendiri kolom.

b) Beban Mati Tambahan (*Superimposed Dead Load/SDL*)

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Untuk Gedung (PPURG) 1987, beban mati tambahan yang bekerja pada struktur bangunan ini berupa berat *plafond*, berat penggantung langit-langit, berat spesi, berat instalasi listrik dan *plumbing*, berat penutup lantai, dan berat dinding.

- Pada Lantai 1-5

$$\text{Berat finishing lantai (spesi + tegel) tebal 3 cm} = 0,66 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Berat langit-langit + penggantung} = 0,20 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Berat instalasi ME} = 0,25 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Beban Mati Tambahan (SDL)} = 1,11 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- Pada Lantai Atap

$$\text{Berat waterproofing dengan beton tebal 2 cm} = 0,02 \times 22 = 0,44 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Berat langit-langit + penggantung} = 0,20 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Berat instalasi ME} = 0,25 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{Beban Mati Tambahan (SDL)} = 0,89 \text{ kN} / \text{m}^2$$

c) Beban Hidup (*Live Load/LL*)

Berdasarkan PPURG 1987 tentang beban minimum untuk perencanaan gedung dan struktur lain, beban hidup yang bekerja pada struktur sekolah adalah

Pada Lantai 1 – 5

$$\text{Beban Hidup (LL)} = 192 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\text{Beban Kendaraan} = 192 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\text{Beban Ruang Kantor} = 240 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\text{Beban Ruang makan} = 479 \text{ kg} / \text{m}^2$$

Pada Lantai Atap

$$\text{Beban Hidup (LL)} = 100 \text{ kg} / \text{m}^2$$

d) Beban Gempa (*Earthquake/E*)

Beban gempa adalah beban yang disebabkan oleh bergeraknya tanah akibat proses alami. Metode analisis gempa yang digunakan adalah analisis riwayat waktu. Tata cara pemilihan rekaman gempa mempertimbangkan mekanisme kejadian gempa (*source mechanism*), keaktifan gerakan tektonik, kondisi geologi serta kondisi tanah setempat. *Data Analysis Ground Motion* yang digunakan harus memenuhi persyaratan, yaitu minimal 3 (tiga) data dan maksimal 7 (tujuh) data yang dapat menampilkan kondisi yang mendekati dengan pergerakan tanah di wilayah yang ditinjau.

2.4 Struktur Baja

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai *grade*-nya (Agung, 2012) . Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras dengan menjegah dislokasi bergeser pada kisi kristal atom besi. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tariknya, namun disisi lain membuatnya menjadi getas serta menurunkan keuletannya. Oleh sebab itu, baja dicocokkan sebagai pemikul beban yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi.

2.4.1 Konstruksi Bangunan Baja

Baja adalah suatu jenis bahan bangunan yang unsur utamanya terdiri dari besi yang berdasarkan pertumbuhan ekonomi, sifat, dan kekuatannya, cocok untuk pemikul beban. Terbentuknya baja yang mempunyai kekuatan yang lebih besar dari pada besi berasal dari percampuran besi dengan bahan karbon pada proses pembuatannya. Kemampuan baja sebagai pemikul beban biasa dimanfaatkan sebagai bahan struktur, seperti untuk rangka utama bangunan bertingkat sebagai balok dan kolom, rangka jembatan, gudang penyimpanan, sistem penyangga atap, dan lain sebagainya.

Jika dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya, baja memiliki banyak keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan bahan-bahan konstruksi lainnya. Baja memiliki kemampuan yang besar untuk menahan kekuatan tarik dan kekuatan tekan tanpa membutuhkan banyak volume.

Baja yang digunakan dalam konstruksi bangunan gedung memiliki bermacam-macam bentuk sebagai berikut:

a) Baja Profil

Baja profil adalah baja berupa batangan (lonjoran) dengan penampang berprofil dengan berbagai macam bentuk tertentu dengan panjang pada umumnya 6 meter (tapi dapat dipesan di pabrikan hingga panjang bentang sampai 15 meter). Dalam daftar baja lama terdapat profil INP, Kanal, DIN, DiE, DiL, $\frac{1}{2}$ INP, $\frac{1}{2}$ DIN, Profil T, Profil L (Baja siku sama kaki dan tidak sama kaki), batang profil segi empat sama sisi, dan batan profil bulat, juga daftar paku keeling, baut, dan las.

Sedangkan daftar baja yang baru terdapat profil WF, *Light Beam adn Joist*, H *Bearing Piles*, *Structural Tees*, Profil Siku (sama kaki dan tidak sama kaki), Profil Kanal, Daftar Faktor Tekuk, *Light Lip Channels*, *Light Channel*, *Hollow Structural Tubings* (Profil tabung segi empat), *Circular Hollow Section* (Profil Tabung Bulat).

b) Baja Pelat

Baja pelat adalah baja berupa pelat baik pelat lembaran maupun pelat strip dengan tebal antar 3 mm s.d 60 mm. Baja Pelat Lembaran terdapat dengan lebar antara 150 mm s.d 4300 mm dengan panjang 3 s.d 6 meter. Sedangkan Baja Pelat Strip biasanya dengan lebar ≤ 600 mm dengan panjang 3 s.d 6 meter.

Permukaan baja pelat memiliki motif yang polos dan juga bermotif dalam berbagai bentuk. Namun untuk keperluan konstruksi pada umumnya digunakan baja pelat yang polos rata dengan lebar dapat dipotong sendiri sesuai permintaan kebutuhan.

c) Baja Beton

Baja beton adalah baja yang digunakan untuk penulangan/pembesian beton (untuk konstruksi beton). Umumnya berbentuk lonjoran/batangan dengan berbagai macam ukuran diameter, yang memiliki panjang 12 meter. Terdapat juga baja tulangan berpenampang bulat polos, juga baja tulangan yang diprofilkan.

Konstruksi bangunan baja yang akan di evaluasi dalam Tugas Akhir yaitu konstruksi bangunan gedung *showroom* mobil yang dalam keseluruhan bangunan strukturnya menggunakan sistem struktur rangka pemikul dari bahan baja. Ciri-ciri dari bangunan baja yaitu seluruh komponen struktur rangka atap, balok, kolom menggunakan baja.

2.4.2 Sifat Utama Baja

Sebagai bahan konstruksi, baja memiliki berbagai sifat utama, antara lain :

a) Elastisitas (*elasticity*)

Kemampuan baja dalam batas-batas pembebanan tertentu yang mengakibatkan perubahan bentuk untuk mengembalikan ke bentuk semula ketika pembebanan dihentikan.

b) Kekuatan (*solidity*)

Kekuatan volume baja yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan lain, memungkinkan perencanaan sebuah konstruksi baja bisa memiliki beban mati yang lebih kecil untuk bentang yang lebih panjang, menghasilkan struktur lebih ringan dan efektif. Dan dinyatakan dengan kekuatan leleh f_y atau kekuatan tarik f_u , geser dan lenturan, tegangan tekan.

c) Kekenyalan (*tenacity*)

Kemampuan baja dalam menerima perubahan bentuk yang besar tanpa mengalami kerugian-kerugian berupa kerusakan yang terlihat dari luar dan dalam untuk jangka waktu yang pendek. Menghasilkan struktur baja yang cukup kuat namun elastis.

d) Modulus elastisitas besar

Kemampuan baja untuk membentuk struktur yang cukup kaku karena memiliki modulus yang besar. Perbandingan dengan bahan yang lain, untuk regangan yang sama, baja akan mengalami tegangan yang lebih besar, menghasilkan baja memiliki kekuatan yang lebih optimal.

e) Kemungkinan di tempa (*malleability*)

Kemampuan baja untuk dirubah bentuknya pada keadaan pijar/lembek dan plastis karena dipanasi. Dan pada keadaan dingin atau selesai dipanasi kekuatannya tidak akan berubah.

2.4.3 Kelebihan dan Kekurangan Baja

Beberapa kekurangan dan kelebihan baja sebagai bahan konstruksi adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kekurangan Baja

No	Kekurangan Baja
1	Mengalami penurunan kekuatan jika mendapat beban siklis dan akan kehilangan daktilitas serta keruntuhan getas pada kondisi tertentu.
2	Kekuatannya dipengaruhi oleh temperature, pada temperature yang tinggi akan mengurangi kekuatannya.
3	Mudah terjadi tekuk yang disebabkan batang struktur yang langsing.
4	Dibutuhkan pemeliharaan yang berkala dengan biaya yang cukup besar.
5	Kekuatannya cukup tinggi dan merata.

Tabel 2.2 Kelebihan Baja

No	Kelebihan baja
1	Memiliki mutu yang dapat dipertanggung jawabkan dan pada umumnya dapat dibongkar pasang serta sesuai untuk penambahan struktur.
2	Pada umumnya memiliki penampang yang relatif kecil dibanding dengan struktur dari bahan lain.
3	Kekuatan tarik dan tekannya tidak banyak berbeda.
4	Memiliki sifat yang tidak berubah banyak terhadap waktu.

2.4.4 Klasifikasi Berdasarkan Kekuatan Baja

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 klasifikasi baja berdasarkan kekuatannya yang terdapat pada sifat mekanis baja struktural, ditentukan pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber : SNI 03-1729-2002)

a) Tegangan leleh

Tegangan leleh untuk perencanaan (f_y) tidak boleh diambil melebihi nilai yang ditentukan pada tabel sifat mekanisme baja struktural. Pada penelitian ini mengambil data kekuatan leleh yang telah diteliti sebelumnya, nilai kekuatan leleh (f_y) yang diperoleh sebesar 37.303 N (Pranata, 2018). Mutu baja yang digunakan yaitu mutu baja BJ 37.

b) Tegangan putus

Tegangan putus (f_u) untuk perencanaan tidak boleh diambil melebihi nilai yang ditentukan pada tabel sifat mekanisme baja struktural. Pada penelitian ini mengambil data kekuatan ultimit (f_u) yang telah diteliti sebelumnya, nilai kekuatan ultimit (f_u) yang diperoleh sebesar 24.594 N (Pranata, 2018). Mutu baja yang digunakan yaitu mutu baja BJ 37.

c) Sifat-sifat mekanisme lainnya

Sifat-sifat mekanisme lainnya baja struktural untuk perencanaan adalah sebagai berikut :

Modulus elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$

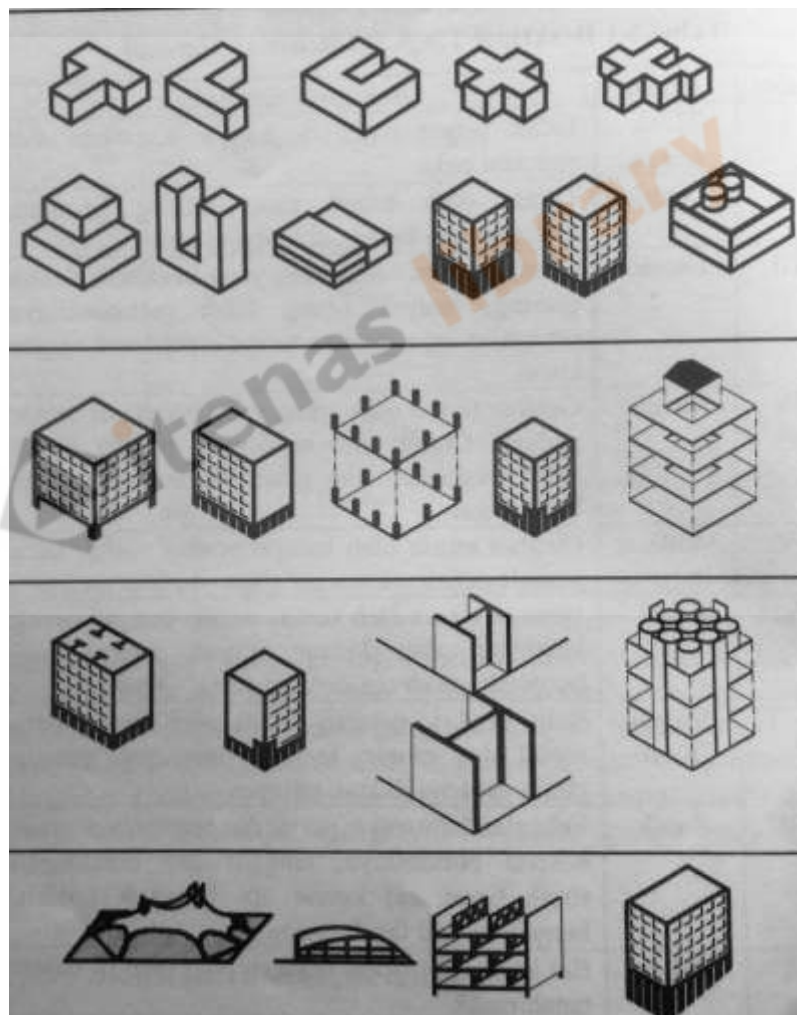
Modulus Geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$

Nisbah Poison : $\mu = 0,3$

Koefisien pemuaian : $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

2.5 Bangunan Gedung Tahan Gempa

Saat ini, sebagian besar bangunan tahan gempa direncanakan dengan prosedur yang ditulis dalam peraturan perencanaan bangunan (*Building Codes*). Peraturan dibuat untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi, dan untuk menghindari atau mengurangi kerusakan atau kerugian harta benda terhadap gempa sedang yang sering terjadi (Dewobroto, 2006). Peraturan bangunan tahan gempa di Indonesia telah diatur dalam SNI 1726:2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Untuk mendapatkan desain bangunan tahan gempa yang ideal, maka hindari bentuk tidak beraturan seperti pada **Gambar 2.1**.



(Sumber: Tavio, 2018)

Gambar 2.1 Ketidakberaturan Struktur Bangunan

2.6 Peraturan Gempa Indonesia Berdasarkan SNI 1726-2012

Peraturan tata cara perencanaan ketahanan gempa di Indonesia diatur dalam SNI 1726:2012 yaitu tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Peraturan ini memberikan persyaratan minimum perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

2.6.1 Faktor Keutamaan Gempa

Pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa (I) untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarannya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 % (SNI 1726:2012). Besarnya beban gempa rencana yang direncanakan untuk berbagai kategori bangunan gedung, tergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur bangunan selama umur rencana yang diharapkan. Berikut adalah kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa dan faktor keutamaan gempa:

Tabel 2.4 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 kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> a) Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan b) Fasilitas sementara c) Gudang penyimpanan d) Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penangan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah 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 	

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

(Sumber : SNI 1726:2012)

Tabel 2.5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726:2012)

Pada tugas akhir ini, untuk bangunan gedung *showroom* mobil termasuk dalam kategori risiko II, didapatkan harga faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1,0. Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 11.1.4, parameter respons gaya harus dikalikan dengan I_e / R , dimana R adalah koefisien modifikasi respons.

Tabel 2.6 Faktor R

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R
Rangka baja dengan bresing eksentris	8
Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7
Dinding geser beton betulang khusus	7
Dinding geser beton bertulang biasa	6
Rangka baja dan beton komposit dengan abresing eksentris	8

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R
Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6
Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7 ½
Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7
Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6

(Sumber: SNI 1726-2012)

2.6.2 Struktur Gedung Beraturan

Dalam peraturan SNI 1726:2002 struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan dan tidak beraturan. Pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen untuk struktur gedung beraturan. Berikut adalah ketentuan-ketentuan struktur gedung beraturan:

- Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan walaupun mempunyai tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
- Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
- Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
- Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka dan walaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah, tidak kurang dari 75% dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya. Dalam hal ini, struktur rumah atap yang tingginya tidak lebih dari 2 tingkat tidak perlu dianggap menyebabkan adanya loncatan bidang muka.

- f) Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Yang dimaksud dengan tingkat lunak adalah suatu tingkat, di mana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya. Dalam hal ini, yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar-tingkat.
- g) Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya. Berat atap atau rumah atap tidak perlu memenuhi ketentuan ini.
- h) Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
- i) Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Kalaupun ada lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu, jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.

Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan-ketentuan di atas, ditetapkan sebagai struktur tidak beraturan. Untuk struktur tidak beraturan pengaruh akibat gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, analisis harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik. Pada penelitian yang akan dilakukan struktur gedung termasuk dalam struktur gedung beraturan.

2.6.3 Periode Alami Struktur

Menurut SNI 1726-2012 periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_a = C_t (h_n)^x \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

h_n = Tinggi total struktur

C_t dan x didapatkan dari **Tabel 2.7**.

Tabel 2.7 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

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

(Sumber : SNI 1726:2012)

Sebagai alternatif, diizinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, dari persamaan berikut untuk stuktur dengan ketinggian melebihi 12 tingkat di mana sistem pemikul gaya seismik terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya beton atau seluruhnya baja dan rata-rata tingkat sekurang-kurangnya 3 m.

Periode fundamental (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u). Dimana C_u ditentukan dari **Tabel 2.8**.

Tabel 2.8 Koefisien untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber : SNI 1726:2012)

2.6.4 Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.6, simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja, yaitu pada kinerja batas ultimit. Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris, dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa di tingkat atasnya.

Bagi struktur yang dirancang untuk Kategori Desain Seismik C,D,E atau F yang memiliki ketidakberaturan horisontal tipe 1a atau 1b, simpangan antar lantai desain (Δ), harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik-titik di atas dan di bawah tingkat yang diperhatikan yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang salah satu bagian tepi struktur. Defleksi pusat massa di tingkat x (δx) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

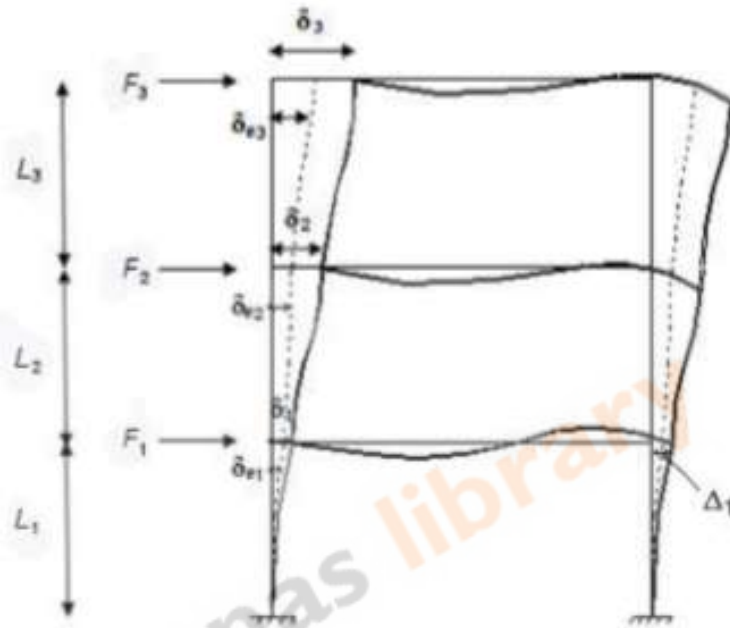
δx = Pembesaran Deformasi

C_d = Faktor pembesaran

δ_{xe} = Defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor Keutamaan

Penentuan simpangan antar lantai dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



(Sumber : SNI 1726:2012)

Gambar 2.2 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Keterangan :

Tingkat 3 :

F_3 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_{e3} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_3 = C_d \delta_{e3} / I_e$ = Perpindahan yang diperbesar

$\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) C_d / I_e \leq \Delta_a$

Tingkat 2 :

F_2 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_{e2} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_2 = C_d \delta_{e2} / I_e$ = Perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_e \leq \Delta_a$$

Tingkat 1:

F_1 = Gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_{e1} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_1 = C_d \delta_{e1} / I_e$ = Perpindahan yang diperbesar

$$\Delta_1 = \delta_1 C_d / I_e \leq \Delta_a$$

Simpangan antar lantai desain (Δ), tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin (Δ_a) yang ditentukan pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2.9 Simpangan Antar Lantai Izin

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 didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

(Sumber : SNI 1726:2012)

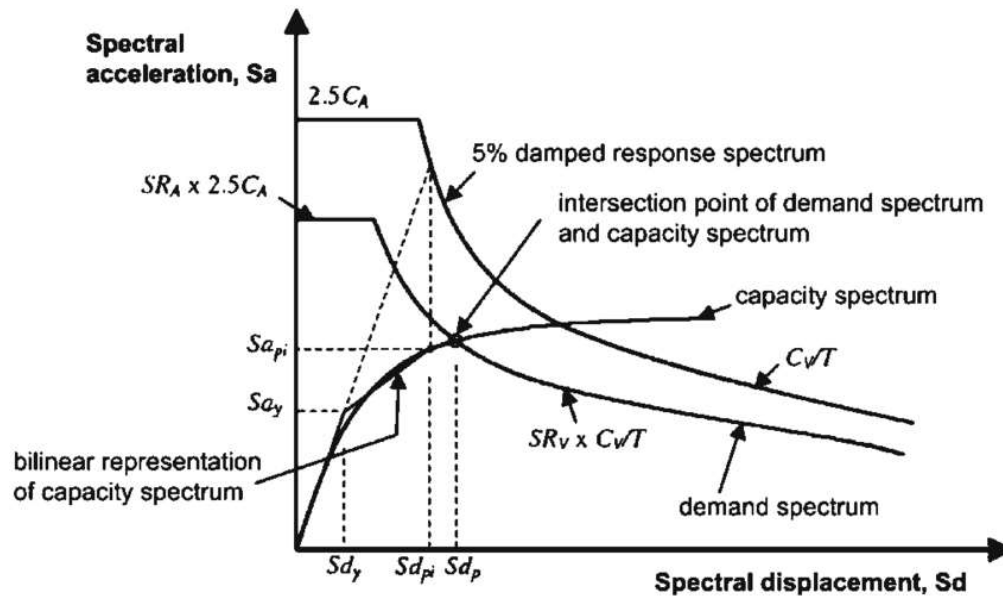
Keterangan :

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x.

2.7 Level Kinerja Menurut ATC-40

Respon bangunan terhadap gerakan tanah akibat gempa menyebabkan perpindahan lateral dan deformasi pada setiap elemen struktur. Pada level respon rendah, deformasi elemen akan dalam rentang elastis (linier) dan tidak akan ada kerusakan yang timbul. Pada level respon respon tinggi, deformasi elemen akan melebihi kapasitas linier elastis dan bangunan akan mengalami kerusakan. Untuk memberikan kinerja seismik yang andal, bangunan harus memiliki sistem penahan gaya lateral yang lengkap, yang mampu membatasi perpindahan lateral akibat gempa pada level kerusakan yang berkelanjutan dan untuk tujuan kinerja yang diinginkan. Faktor-faktor dasar yang mempengaruhi kemampuan sistem gaya penahan gaya lateral untuk melakukan hal tersebut meliputi massa bangunan, kekakuan, redaman, dan konfigurasi: kapasitas deformasi pada elemen, kekuatan dan karakter gerakan tanah. (ATC-40, 1996).

Ada beberapa tingkatan kinerja sesuai ATC-40, dimana tingkatan kinerja digambarkan kurva hubungan antara perpindahan lateral dan besar gaya yang bekerja atau kurva kapasitas (**Gambar 2.3**). Kurva kapasitas menggambarkan plot dari total gaya geser dasar akibat gempa, “ V “ pada struktur, untuk berbagai kenaikan pembebanan dan perpindahan lateral gedung pada atap pada tingkat gaya lateral gedung pada atap pada tingkat gaya lateral tertentu.



(Sumber: ATC-40)

Gambar 2.3 Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas ini akan menjadi garis lurus dengan kemiringan yang sama jika berperilaku elastis linier dengan kekakuan struktur secara keseluruhan. Karena bangunan sebenarnya tidak memiliki kapasitas elastis linier diatas, maka kurva kapasitas biasanya terdiri dari serangkaian segmen garis lurus dengan penurunan kemiringan, yang merupakan degradasi progresif dalam kekakuan struktural yang terjadi akibat bangunan mengalami perpindahan lateral, pelelehan dan kerusakan.

Tujuan utama dari evaluasi berbasis kinerja struktur yaitu untuk melihat tingkat kinerja yang terjadi dari bangunan ketika diberikan gaya gempa. Kinerja seismik digambarkan dengan menetapkan tingkat kerusakan maksimum yang diizinkan (*performance level*) untuk mengidentifikasi bahaya gempa. Pada **Gambar 2.3** telah diketahui kurva kapasitas suatu struktur terhadap beban lateral, dimana terdapat level-level kinerja tertentu. Level kinerja tersebut dapat dideskripsikan lagi atas bagaimana kondisi bangunan pasca gempa dan kategori bangunan yang diizinkan terhadap level kinerja tertentu, dan ditabelkan pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 Kondisi Bangunan Pasca Gempa dan Kategori Bangunan pada Tingkat Kinerja Struktur

Tingkat Kinerja	Kondisi Bangunan Pasca Gempa	Kategori bangunan
<p><i>SP-1</i></p> <p><i>Immediate Occupancy (IO)</i></p>	<p>Kategori ini struktur bangunan aman. Resiko korban jiwa dari kegagalan struktur tidak terlalu berarti, gedung tidak mengalami kerusakan berarti, dan dapat segera difungsikan/beroperasi kembali.</p>	<p>Struktur bangunan yang mutlak difungsikan sebagai sarana penyelamatan, penyimpanan barang berbahaya, atau struktur bangunan yang dapat mempengaruhi ekonomi nasional. Contohnya rumah sakit, gudang bahan bakar/bahan berbahaya, dll.</p>
<p><i>SP-2 Damage Control (DO)</i></p>	<p>Kategori ini struktur bangunan yang dalam pasca gempa, kerusakan yang terjadi bervariasi diantara kategori <i>Immediate Occupancy</i> dan <i>Life Safety</i>. Resiko korban jiwa sangat rendah. Struktur bangunan boleh rusak, namun tidak runtuh.</p>	<p>Struktur untuk bangunan bersejarah, bangunan yang menjadi tempat penyimpanan barang-barang berharga.</p>
<p><i>SP-3 Life Safety (LS)</i></p>	<p>Bangunan mengalami kerusakan tetapi tidak diperkenankan mengalami keruntuhan yang menyebabkan korban jiwa manusia (resiko korban jiwa sangat rendah). Setelah</p>	<p>Fasilitas-fasilitas umum, gedung perkantoran, perumahan, gudang, dll.</p>

Tingkat Kinerja	Kondisi Bangunan Pasca Gempa	Kategori bangunan
	terjadi gempa maka bangunan dapat berfungsi kembali setelah dilakukan perbaikan komponen struktural maupun non-struktural.	
<i>SP-4 Limited Safety</i>	Merupakan transisi antara <i>SP-3</i> dan <i>SP-4</i> dan bukan merupakan tingkatan serta tidak memperhitungkan aspek ekonomis dalam melakukan perbaikan pasca gempa.	-
<i>SP-5 Strucktural Stability (SS)</i>	Struktur pasca gempa mengalami kerusakan hingga diambang keruntuhan total maupun parsial. Komponen struktur penahan beban gravitasi masih bekerja meskipun keseluruhan kestabilan sudah diambang keruntuhan.	-
<i>SP-6 Not Considered</i>	Bukan merupakan tingkatan kinerja struktur, tetapi hanya untuk melakukan evaluasi seismik non-struktural atau <i>retrofit</i> .	-

(ATC-40,1996)

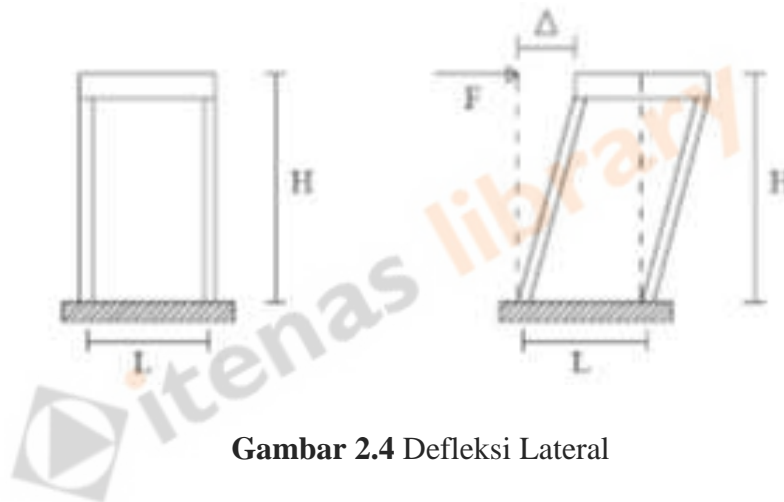
Besarnya simpangan horizontal (*drift*) harus dipertimbangkan sesuai dengan peraturan yang berlaku, yaitu kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit. Menurut Mc. Cormac (2004) simpangan struktur dapat dinyatakan dalam bentuk *drift index*. *Drift index* dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Maximum Total Drift} = \frac{\Delta}{H} \dots\dots\dots(2.4)$$

keterangan :

Δ = Nilai simpangan maksimum pada atap [mm]

H = Total tinggi bangunan hingga atap [mm]



Gambar 2.4 Defleksi Lateral

Deformasi lateral pada saat *performance point* harus dicek terhadap deformasi limit yang ditetapkan dalam *ATC-40*, 1996 bab 11.3.3. Deformasi limit pada berbagai tingkat kinerja dilihat pada **Tabel 2.11**.

Besarnya *drift index* tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur. Berdasarkan *ATC-40* kinerja struktur bangunan gedung dapat dibagi menjadi kategori sebagai berikut :

Tabel 2.11 *Deformation Limit Berbagai Kinerja (ATC-40)*

Batasan Simpangan Antar Tingkat	Tingkat Kinerja Struktur			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Simpangan Total Maksimum	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33 V_i/P_i
Simpangan Inelastis Maksimum	0,005	0,005-0,015	<i>No Limit</i>	<i>No Limit</i>

Pada **Tabel 2.11** simpangan total maksimum adalah simpangan antar tingkat (*interstory drift*) pada titik kinerja (*performance point displacement*) atau nilai simpangan maksimum pada atap pada saat *performance point* dibagi dengan total tinggi bangunan hingga atap. Simpangan inelastis maksimum adalah proporsi simpangan total maksimum diluar titik leleh efektif. Untuk *structural stability level*, simpangan total maksimum pada lantai ke-*i* saat titik kinerja harus tidak melebihi $0,33 V_i/P_i$, dimana V_i adalah total gaya geser pada lantai ke-*i* dan P_i adalah total gaya gravitasi (seperti *dead load*, *live load*) pada lantai ke-*i*.

2.8 Kinerja Batas Layan

Berdasarkan SNI-1726-2002 kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, di samping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh gempa nominal yang telah dibagi faktor skala.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung, tidak boleh melampaui $\frac{0,03}{R}$ kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana yang nilainya terkecil.

2.9 Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela delatasi). Sesuai Pasal 4.3.3 SNI 1726-2002 simpangan dan simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali ξ sebagai berikut untuk struktur gedung beraturan :

$$\xi = 0,7R \dots\dots\dots(2.5)$$

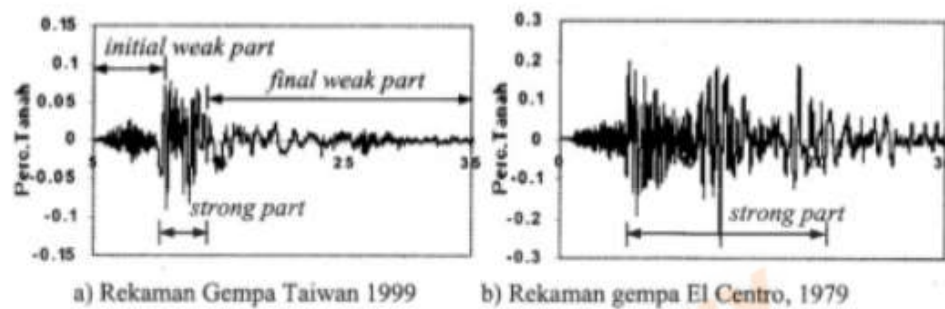
Dimana R adalah faktor reduksi gempa struktur gedung tersebut. Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung menurut rumusan diatas tidak boleh melampaui 0.02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

2.10 Metode *Time History*

Analisis riwayat waktu (*Time History*) adalah suatu metode analisis untuk menentukan respon dinamik riwayat waktu struktur terhadap gempa rencana. Analisa Respons Riwayat Waktu adalah suatu cara analisa dinamik struktur, dimana suatu model matematik dari struktur dikenakan riwayat waktu dari gempa-gempa hasil pencatatan atau gempa-gempa tiruan terhadap riwayat waktu dari respons struktur ditentukan. Menurut Warner (1976) mengatakan bahwa representasi terbaik atas gerakan tanah akibat gempa adalah riwayat percepatan tanah (*ground acceleration time history*). Dan menurut Chopra (2007) metode dinamik riwayat waktu dapat digunakan sebagai analisis pada perancangan bangunan yang tidak reguler, denah tidak simetri, dan bangunan tinggi.

Khususnya untuk keperluan teknik, percepatan tanah akibat gempa merupakan data yang sangat penting. Karakter yang dimaksud dikelompokkan dalam 6 hal utama yaitu :

- 1) Karakter yang didasarkan atas nilai-nilai maksimum (percepatan, kecepatan, simpangan);
- 2) Karakter yang ditentukan berdasarkan durasi gempa (durasi total, durasi efektif);
- 3) Karakter yang ditentukan berdasarkan respon spektrum;
- 4) Berdasarkan kandungan frekuensi;
- 5) Karakter yang ditentukan berdasarkan energi gempa;
- 6) Karakter yang ditentukan berdasarkan daya-rusak (*damage potensial*).



(Sumber : Widodo, 2012)

Gambar 2.5 Bagian-bagian Penting Rekaman Gempa

Pada gambar diatas adalah suatu contoh rekaman percepatan tanah akibat gempa. Secara umum riwayat percepatan tersebut dapat dibagi menjadi 3 tahapan yaitu tahap *initial weak part*, tahap *strong part*, dan tahap *final weak part*. Suatu hal yang menjadi perhatian adalah tahap *strong part*. Tahap *strong part* ini ada yang relatif singkat durasinya, namun ada juga yang relatif panjang. Durasi tahap *strong part* ini diantaranya dipengaruhi oleh mekanisme kejadian gempa (gempa subdaksi, *strike slip*, *dip slip*), magnitude gempa, jarak episenter dan orientasi *site* terhadap patahan.

Rekaman gempa yang terjadi di Indonesia sangat terbatas, baik jumlah keseluruhan, distribusi asal rekaman gempa, frekuensi kejadian didaerah yang sama ataupun bahkan kualitas rekaman atau data. Berdasar atas kondisi tersebut maka dicarilah atau dipakailah rekaman-rekaman gempa diseluruh dunia yang dapat diasumsikan dapat mewakili rekaman-rekaman gempa di Indonesia. Tata cara pemilihan rekaman gempa tentu saja dengan mempertimbangkan mekanisme kejadian gempa (*source mechanism*), keaktifan gerakan plat tektonik, kondisi geologi serta kondisi tanah daerah yang ditinjau.

Data percepatan permukaan tanah (PGA) berupa akselerogram, yaitu grafik perbandingan percepatan permukaan tanah (PGA) terhadap waktu atau durasi saat terjadinya gempa. Data akselerogram ini akan menjadi parameter gempa masukan untuk suatu perancangan atau analisis struktur. Gaya gempa masukan yang digunakan berupa percepatan maksimum permukaan tanah (PGA) dari rekaman gempa sebenarnya. Percepatan tanah puncak harus ditentukan dengan studi spesifiksitus dengan mempertimbangkan pengaruh amplifikasi yang secara spesifik, atau percepatan tanah puncak PGAM.

$$PGA_M = F_{PGA} PGA \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

$PGA_M = MCE_G$ percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs

PGA = Percepatan tanah puncak terpetakan

F_{PGA} = Koefisien situs

Tabel 2.12 Koefisien Situs, F_{PGA}

Kelas Situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA = 0,2$	$PGA = 0,3$	$PGA = 0,4$	$PGA \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	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	Lihat 6.9				

(Sumber: SNI 1726-2012)

2.11 Pemilihan *Ground Motion*

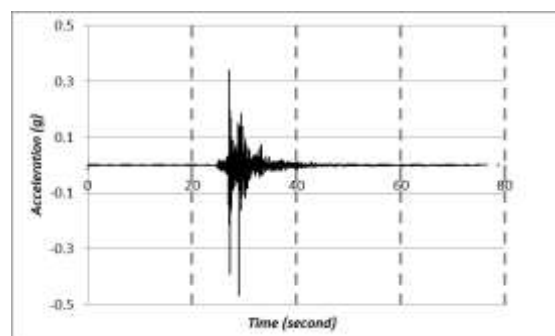
Rekaman gempa di Indonesia sangat terbatas, apabila pada lokasi yang ditinjau tidak memiliki data riwayat waktu, maka dapat menggunakan tiga metode untuk mendapatkan data ditigrasi riwayat waktu di batuan dasar , sebagai berikut :

- 1) Menggunakan data riwayat waktu dari lokasi lain yang telah diskalakan sesuai dengan target spektra dari lokasi yang ditinjau;
- 2) Menggunakan data riwayat waktu pada suatu lokasi yang kondisi geologi dan seismologinya sesuai atau mirip dengan kondisi lokasi yang ditinjau;
- 3) Membuat *Synthetic Time Histories* yang disesuaikan dengan kondisi geologi dan seismologi setempat.

Gempa yang akan digunakan pada suatu perencanaan salah satunya dapat berupa gempa yang memiliki percepatan permukaan tanah (PGA) pada jenis tanah di lokasi yang ditinjau. Nilai PGA untuk wilayah yang ditinjau didapat dari *website* : http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/. Hal ini didasarkan dengan gempa spektra target yang diinginkan yang berlokasi di wilayah yang ditinjau. Data *Analysis Ground Motion* dapat dicari dan diunduh dari *website* : <http://www.strongmotioncenter.org/vdc/scripts/default.plx> (*Cosmos Earthquake Data*).

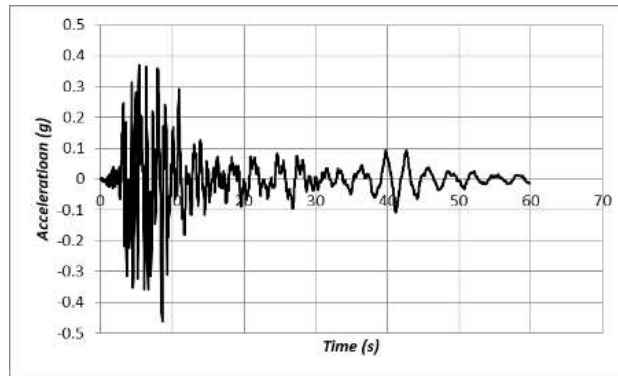
Data rekaman gempa yang digunakan untuk tugas akhir ini berjumlah 3 (tiga) data yang menampilkan kondisi yang mendekati dengan pergerakan tanah di Wilayah Kota Denpasar. Data-data yang telah diunduh dari *website* kemudian diolah dan dibuat grafik rekaman gempanya menggunakan *software excell*. Data rekaman gempa arah X dan Y yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 1) Gempa El Centro 2014, direkam pada tanggal 25 agustus 2014 di California. Rekaman gempa tersebut direkam dengan durasi 75,08 detik. Percepatan gempa maksimum sebesar 0,466g terjadi pada 28,98 detik, dapat dilihat pada **Gambar 2.6** sebagai berikut:



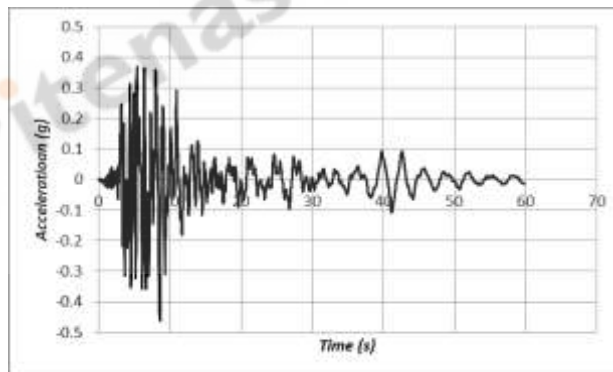
Gambar 2.6 Grafik Gempa El Centro, California

- 2) Rekaman gempa yang terjadi di Northridge direkam pada tanggal 17 Januari 1994. Rekaman tersebut direkam dengan durasi 59,84 detik. Percepatan gempa maksimum sebesar 0,463g terjadi pada detik 8,58 detik. Dapat dilihat pada **Gambar 2.7** sebagai berikut:



Gambar 2.7 Grafik Gempa Northridge

- 3) Rekaman gempa yang terjadi di Santa Cruz Mountain pada tanggal 18 Oktober 1989. Rekaman tersebut direkam dengan durasi 39,98 detik. Percepatan gempa maksimum 0,485g terjadi pada detik 4,233 detik. Dapat dilihat pada **Gambar 2.8** sebagai berikut:



Gambar 2.8 Grafik Gempa Santa Cruz

2.12 Perangkat Lunak ETABS 2016

Perangkat lunak atau aplikasi dalam dunia konstruksi memiliki peran penting dalam pemanfaatan komputerisasi yang berguna dalam menunjang ketepatan dan kemudahan dalam implementasi berbagai kegiatan yang berhubungan dengan teknik sipil. Perangkat lunak yang biasa digunakan dalam melakukan pemodelan struktur bangunan gedung yaitu *Autocad*, *SAP 2000*, dan *ETABS*.

ETABS (Extended Three Dimension Analysis of Building System) adalah salah satu program komputer yang digunakan khusus untuk perencanaan gedung dengan konstruksi beton, baja, dan komposit. *Software ETABS* memiliki tampilan yang hampir sama dengan *SAP* karena dikembangkan oleh perusahaan yang sama (*Computer and Structures Inc, CSI*) yaitu salah satu perusahaan pembuat *software* untuk perencanaan-perencanaan struktur.

Pemodelan struktur gedung menggunakan *ETABS* dapat dilakukan secara 3D dengan menggambar semua elemen balok, kolom, plat, dan *shear wall*, pemodelan pondasi, kekakuan sambungan (*joint*) balok-kolom, dan lainnya.

2.13 Energi Disipasi

Dalam menggunakan metode analisis dinamik, perlu untuk memperkirakan perilaku siklik struktur yang direpresentasikan oleh kekuatan, deformabilitas, dan kapasitas disipasi energi. Disipasi energi merupakan luasan pada grafik antara gaya dan deformasi. Secara umum, kapasitas disipasi energi tergantung pada berbagai parameter seperti rasio tulangan, susunan tulangan, dan bentuk serta ukuran penampang. Sebuah penampang mengalami disipasi energi ketika terjadi perilaku inelastik ketika dibebani beban siklik.

Karena penampang pada umumnya terdiri dari beton dan baja, maka disipasi energinya dapat didefinisikan oleh jumlah energi yang didisipasi oleh beton dan tulangan baja. Sistem disipasi energi yang paling umum adalah *viscous* (gaya yang proporsional terhadap kecepatan dan deformasi) dan *histerik* (gaya yang sebanding dengan perpindahan). Semakin besar luasan disipasi energi maka semakin baik struktur tersebut bekerja. Berdasarkan **Gambar 2.9**, luasan di bawah kurva histeris pada setiap siklus merepresentasikan disipasi energi oleh komponen selama siklus tersebut (E_i). Perhitungan luas pada disipasi energi dilakukan dengan cara membagi luasan kurva menjadi segitiga dan bujur sangkar.

2.14 Metode Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya (Diredja, 2012), memiliki tujuan yaitu untuk mempelajari analisis dinamik riwayat waktu dan analisis statik ekuivalen untuk perencanaan bangunan tahan gempa, mempelajari perilaku gedung akibat adanya gempa utama dan gempa susulan dengan menggunakan analisis dinamik riwayat waktu dan analisis statik ekuivalen dan membandingkan hasil dari keduanya. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa salah satu penyebab adanya kegagalan struktur bangunan gedung di daerah yang berisiko mengalami gempa adalah beban horizontal (lateral) pada stuktur. Dan pembahasannya meliputi perbandingan gaya geser dasar, *roof displacement*, *story drift*, kinerja batas layan dan ultimit. Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Apabila faktor skala intensitas gempa berdasarkan SNI 1726-2002 diterapkan, maka gaya geser dasar, perpindahan atap dan simpangan antar tingkat hasil analisis dinamik riwayat waktu akan lebih kecil dibandingkan analisis statik, hal ini terjadi karena dalam perhitungan faktor skala percepatan puncak riwayat waktu yang digunakan adalah nilai maksimumnya, apabila diskalakan terhadap wilayah gempa 4 tanah keras di Indonesia dengan kondisi $T = 1,5058$, kurva respon spektrum gempa masukkan akan lebih kecil dibanding statik.
2. Metode C lebih konservatif dikarenakan dalam rentang T 0,0-0,5 detik, respon spektrum percepatan gempa masukan dihitung berdasarkan model statistik (rata-rata)
3. Dengan metode riwayat waktu juga didapatkan kesimpulan bahwa gedung yang dianalisis mampu menahan percepatan gempa Chi-chi sebesar 2,4 kali skala asli, gempa El Centro 6,4 kali skala asli, gempa Friuli 6,8 kali skala dan gempa Sakaria 2,8 kali skala asli.
4. Analisis riwayat waktu dapat dimanfaatkan untuk mengetahui gaya geser dasar gedung, peralihan atap dan simpangan antar tingkat bila diterapkan tinjauan gempa tertentu, serta mampu mengetahui kemampuan gedung sebenarnya bila dikenai gempa utama maupun gempa susulan yang besarnya beberapa kali lipat lebih kecil maupun lebih besar dengan memodifikasi faktor skalanya.

Pada penelitian tersebut, penulis melakukan analisis dinamik riwayat waktu pada struktur bangunan beton bertulang, maka pada tugas akhir ini, penelitian kinerja pada bangunan baja bertingkat, bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur bangunan baja bertingkat dengan analisis riwayat waktu pada *showroom* mobil. Evaluasi kinerja meliputi evaluasi akibat beban gempa, evaluasi akibat beban gravitasi, cek kapasitas komponen-komponen yang digunakan. Dalam analisis gempa, semakin sederhana suatu metoda analisis berarti semakin sedikit parameter gempa yang diperlukan. Akan tetapi, semakin banyak parameter yang diperlukan umumnya akan menghasilkan perkiraan hasil yang semakin akurat. Riwayat waktu percepatan gempa memberikan informasi terlengkap yaitu berupa variasi besarnya beban gempa untuk setiap waktu selama durasi gempa.

