

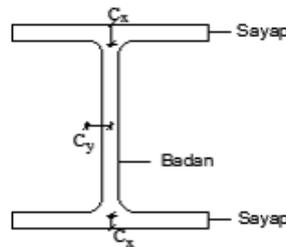
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Balok

2.1.1. Pengertian Balok

Balok adalah komponen struktur yang mendukung bidang momen, dan bidang geser. Jika dikatakan balok-kolom terdapat bidang momen, bidang geser, dan bidang normal. Pada kondisi tertentu bidang normal ada yang diabaikan sehingga tetap sebagai balok.



Gambar 2.1 Profil Baja Wide Flange Shapes

Hubungan antara pengaruh beban luar dan kekuatan:

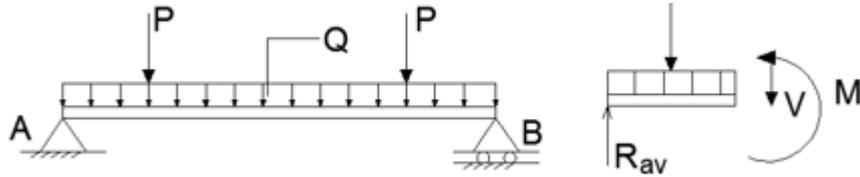
$$M_u \leq \phi M_n \text{ dimana, } M_{ux} \leq \phi M_{nx} \text{ dan } M_{uy} \leq \phi M_{ny} \dots\dots\dots(2.1.a)$$

Batasan Momen

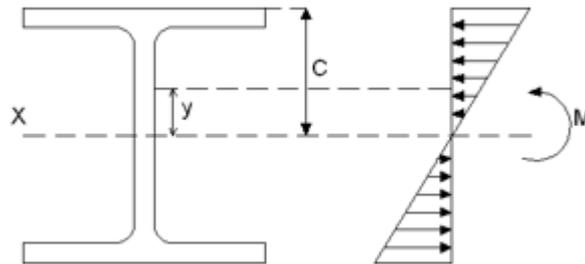
1. Momen leleh M_y adalah momen lentur yang menyebabkan penampang mulai mengalami tegangan leleh yaitu diambil sama dengan $f_y S$ dan S adalah modulus penampang elastis yang ditentukan menurut Butir 8.2.1(d) (SNI 03-1729-2002).
2. Kuat lentur plastis M_p momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh harus diambil yang lebih kecil dari $f_y Z$ atau $1,5 M_y$, dan Z adalah modulus penampang plastis yang ditentukan dalam 8.2.1(d) (SNI 03-1729-2002).
3. Momen batas tekuk M_r diambil sama dengan $S(f_y - f_r)$ dan f_r adalah tegangan sisa. Perhitungan modulus penampang elastis dan plastis harus dilakukan secermat mungkin dengan memperhitungkan adanya lubang-lubang, perbedaan tegangan leleh pada penampang hibrida, letak pelat tarik dan tekan,

dan arah/sumbu lentur yang ditinjau sedemikian sehingga kuat momen yang dihasilkan berada dalam batas-batas ketelitian yang dapat diterima.

2.1.2. Tegangan Lentur dan Momen Plastis



Gambar 2.2 Pembebanan Pada Balok



Gambar 2.3 Tegangan Lentur

Dari mekanika bahan tegangan pada titik yang ditinjau dapat dihitung dengan rumus:

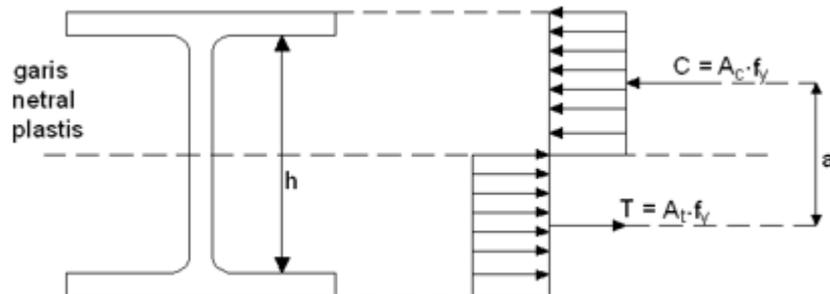
$$f_b = \frac{M \cdot y}{I_x} \dots\dots\dots(2.2.a)$$

Tegangan akan maksimum jika y_{maks}, maka

$$f_{maks} = \frac{M \cdot c}{I_x} = \frac{M}{S_x} \dots\dots\dots(2.2.b)$$

Dari persamaan (2.2.a) dan (2.2.b) di atas valid selama beban kecil (batas linier elastis) pada struktur baja $f_{max} \leq f_y$, sehingga $M_y = f_y \cdot S_x$

Analisis struktur yang didasarkan pada pertimbangan mekanisme runtuh disebut analisis plastis.



Gambar 2.4 Momen Plastis

$$M_p = f_y \cdot A_c \cdot a$$

$$M_p = f_y \cdot Z \dots\dots\dots(2.2.c)$$

2.1.3. Stabilitas

Jika balok dapat dihitung pada keadaan stabil pada kondisi plastis penuh, maka kekuatan momen nominal dapat diambil sebagai kapasitas momen plastis.

$$M_n = M_p \text{ atau } M_n < M_p$$

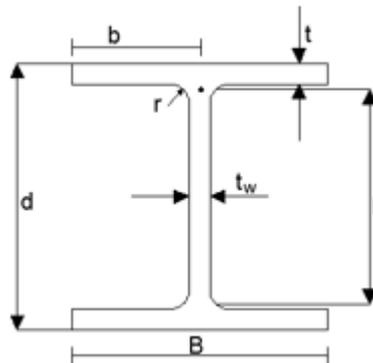
Beberapa evaluasi stabilitas

1. *Lateral Torsional Buckling (LTB)*
2. *Flange Local Buckling (FLB)*
3. *Web Local Buckling (WLB)*

2.1.4. Klasifikasi Bentuk Profil

Klasifikasi bentuk tampang (kelangsingan penampang)

1. Kompak ($\lambda \leq \lambda_p$)



Gambar 2.5 Spesifikasi Profil Wide Flange Shapes

Sayap

$$\lambda = \frac{b}{t} \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$M_n = M_p \text{(2.3.a)}$$

2. Non Kompak ($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$)

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} < \lambda = \frac{b}{t} \leq \lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \leq \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}}$$

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \text{(2.3.b)}$$

3. Slender / langsing ($\lambda > \lambda_r$)

Sayap

$$\lambda = \frac{b}{t} > \lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} > \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}}$$

$$M_n = M_r \left(\lambda_r / \lambda \right)^2 \dots\dots\dots(2.3.c)$$

2.1.5. Kuat Geser

Kuat geser pada badan pelat badan yang memiliki gaya geser perlu (V_u) harus memenuhi $V_u \leq \phi V_n$ (butir 8.8-1 SNI 03-1729-2002).

1. Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel (h/t_w)

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \frac{\sqrt{K_n E}}{f_y}$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \dots\dots\dots(2.4.a)$$

$$1. V_n = 0,6 f_y A_w \dots\dots\dots(2.4.b)$$

$$2. V_n = 0,36 f_y A_e \text{ (untuk penampang pipa) } \dots\dots\dots(2.4.c)$$

$$2. 1,10 \frac{\sqrt{K_n E}}{f_y} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \frac{\sqrt{K_n E}}{f_y}$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w \left[1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} \frac{t_w}{h} \right] \dots\dots\dots(2.4.d)$$

Atau

$$V_n = \frac{1,10 \sqrt{K_n E}}{h/t_w} \dots\dots\dots(2.4.e)$$

$$3. \frac{h}{t_w} \geq 1,37 \frac{\sqrt{K_n E}}{f_y}$$

$$V_n = \frac{0,9 A_w K_n E}{(h/t_w)^2} \dots\dots\dots(2.4.f)$$

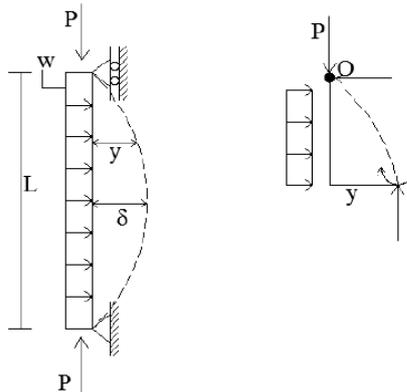
Atau

$$V_n = 0,6 f_y A_w \left[C_v + \frac{(1-C_v)}{1,15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right] \dots\dots\dots(2.4.g)$$

$$C_v = \frac{K_n E}{f_y} \frac{1}{(h/t_w)^2} \dots\dots\dots(2.4.h)$$

2.2. Balok – Kolom

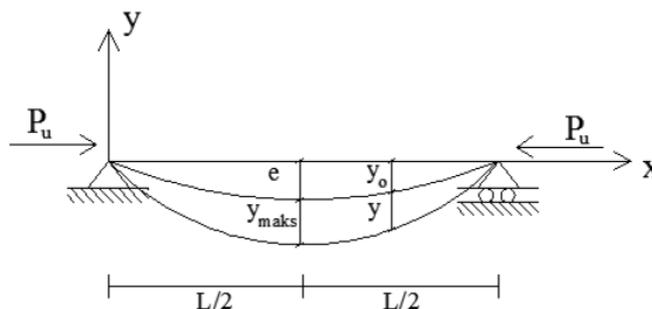
2.2.1. Pembesaran Momen



Gambar 2.6 Mekanisme Terjadinya Lendutan

Penjelasan gambar

1. O titik tertentu
2. Di titik O terjadi momen akibat w dan tambahan momen $(P \cdot y)$
3. Momen sekunder $(P \cdot y)$ terbesar pada lendutan terbesar (δ)
4. Total momen = $(w \cdot L^2 / 8) + (P \cdot \delta)$
5. Total lendutan tidak dapat diperoleh langsung karena merupakan masalah Non Linier. Jika lendutan tidak diketahui maka momen sekunder tidak dapat dihitung.
6. Metode analisis struktur yang umum melendut secara geometris berdasarkan metode orde-1, maka untuk lendutan karena orde-2 didapat dengan cara numerika (program komputer).
7. Kebanyakan peraturan perancangan sekarang mengizinkan penggunaan analisis orde-2 dengan metode pembesaran momen yang dihitung dengan maksimum bending momen hasil dari lentur yang didapat dari analisis orde-1 dikalikan dengan faktor pembesaran.



Gambar 2.7 Faktor Pembesaran Momen

1. Lendutan awal sembarang titik didekati dengan

$$y_0 = e \cdot \sin \frac{\pi x}{L} \dots\dots\dots(2.5.a)$$

2. Hubungan kelengkungan momen

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M}{EI}$$

Dari gambar

$$M = P_u (y_0 + y)$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{-P_u (e \cdot \sin \frac{\pi x}{L} + y)}{EI}$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{P_u}{EI} y = \frac{P_u \cdot e}{EI} \sin \frac{\pi x}{L} \dots\dots\dots(2.5.b)$$

Pada $x = 0, y = 0$ dan $x = L, y = 0$ lendutan = 0

Sehingga

$$y = B \sin \frac{\pi x}{L} \dots\dots\dots(2.5.c)$$

Dengan B merupakan konstanta.

Substitusi persamaan (2.15.b) ke persamaan (2.15.c)

$$-\frac{\pi^2}{L^2} B \cdot \sin \frac{\pi x}{L} + \frac{P_u}{EI} B \cdot \sin \frac{\pi x}{L} = -\frac{P_u}{EI} \sin \frac{\pi x}{L}$$

Penyelesaian untuk B

$$B = \frac{-P_u \cdot e / EI}{\frac{P_u}{EI} \frac{\pi^2}{L^2}} = \frac{-e}{1 - \frac{\pi^2 EI}{P_u L^2}} = \frac{e}{\frac{P_e}{P_u} - 1}$$

Dimana, $P_e = \pi^2 EI / L^2$

Jadi,

$$y = \frac{e}{\frac{P_e}{P_u} - 1} \sin \frac{\pi x}{L}$$

$$M_u = P_u + (y_0 + y)$$

$$M_u = P_u \left[e \cdot \sin \frac{\pi x}{L} + \frac{e}{\frac{P_e}{P_u} - 1} \sin \frac{\pi x}{L} \right]$$

Momen maksimum terjadi di $x = L/2$

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= P_u \left[e + \frac{e}{\frac{P_e}{P_u} - 1} \right] \\ &= P_u \cdot e \left[1 + \frac{1}{\frac{P_e}{P_u} - 1} \right] \\ &= M_o \left[\frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_e}} \right] \end{aligned}$$

$$\text{Faktor pembesaran momen} = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_e}} \dots\dots\dots(2.5.d)$$

2.3. Kelebihan dan Kelemahan Struktur Baja

2.3.1. Kelebihan Struktur Baja

1. Kekuatan baja terhadap tarik lebih besar dibandingkan kekuatan tekannya. Kekuatan baja yang tinggi dibandingkan dengan bahan struktur yang lain, membuat baja mempunyai ukuran penampang yang relatif kecil. Hal ini mengakibatkan baja merupakan struktur cukup ringan sekalipun berat jenis baja tinggi dan karena keuntungan dari ringannya baja ini dimanfaatkan sebagai pemakaian pondasi yang lebih hemat.
2. Baja merupakan produk pabrik yang menyebabkan mesin canggih untuk membuatnya tanpa tenaga manusia yang relatif banyak. Oleh karena itu selama proses pembuatan baja dapat dilakukan pengawasan secara mudah dan mutu baja dapat dipertanggung jawabkan.
3. Struktur baja umumnya dapat dibongkar dan dapat dipasang lagi sesuai dengan kebutuhan penggunaannya.

2.3.2. Kelemahan Struktur Baja

1. Pemeliharaan struktur baja membutuhkan biaya cukup besar.
2. Baja merupakan bahan yang sangat mudah terpengaruh dengan temperatur, apabila terjadi perubahan temperatur secara drastis seperti terjadi kebakaran akan sangat mudah menurunkan kekuatan dari baja sehingga menyebabkan bangunan runtuh meskipun belum mencapai tegangan izin.
3. Karena baja memiliki kekuatan yang tinggi maka banyak ditemui batang struktur yang langsing oleh karena itu mudah terjadi bahaya tekuk (*buckling*).

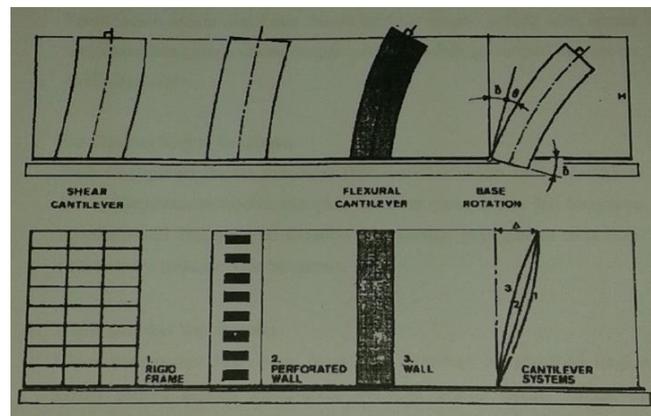
2.4. Bangunan Tahan Gempa

2.4.1. Umum

Wilayah Indonesia merupakan suatu wilayah yang mencakup daerah-daerah dimana mempunyai tingkat resiko gempa yang tinggi diantara beberapa daerah gempa diseluruh dunia. Apalagi, pada saat ini di Indonesia semakin banyak gedung-gedung tinggi yang didirikan melihat semakin tingginya peningkatan jumlah penduduk di Indonesia. Hal tersebut semakin menambah bahaya yang akan ditimbulkan oleh gempa terhadap suatu bangunan.

Suatu gedung dikatakan tinggi jika pada analisis struktur dan desainnya dipengaruhi oleh beban lateral yang akan menyebabkan goyangan pada bangunan. Goyangan adalah besarnya perpindahan lateral pada bagian atas bangunan terhadap dasarnya. Pada desain bangunan tinggi, sistem struktural harus mempertimbangkan persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas. Persyaratan kekuatan adalah faktor dominan dalam desain. (Taranath, 1998)

Sistem pembebanan lateral sangat berkaitan dengan tinggi atau rendahnya bangunan. Semakin tinggi suatu bangunan, maka sistem pembebanan lateral yang berupa beban gempa dan beban angin akan semakin besar pula. Pada perencanaan struktur bangunan tinggi, masalah yang timbul adalah kemampuan dari struktur tersebut sebagai suatu kesatuan system (*building sistem*) untuk menahan gempa. (Taranath, 1998).



Gambar 2.8 Efek Tipe Struktur Pada Respon Kantilever

Bangunan tinggi seperti pada Gambar 2.8 merespon beban lateral sebagai *flexural cantilever* yang mana struktur terdiri dari portal dengan dinding geser atau pengaku. Umumnya sistem ini dikontrol melalui rotasi karena telah mempunyai kekakuan terhadap geser yang tinggi yang disediakan oleh dinding masif atau gaya aksial batang diagonal sehingga perpindahan akibat geser dapat diabaikan. Di lain pihak, bangunan tinggi dapat bertindak sebagai *shear cantilever* ketika strukturnya merupakan portal kaku dengan gaya geser ditahan oleh girder dan kolom. Dalam hal ini, efek rotasi misalnya perpendekan aksial dan perpanjangan kolom dapat diabaikan pada perencanaan awal. Kombinasi kedua sistem tersebut, yaitu portal kaku dengan batang diagonal dapat menghasilkan defleksi berbentuk kurva S dengan tipe struktur portal kaku (*shear cantilever*) berada di atas struktur *flexural cantilever*. Sistem tersebut berlaku pada bangunan tinggi yang mana dinding geser atau pengaku cukup langsing. (Schueller, 1991).

2.4.2. Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan perencanaan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi serta menghindari dan meminimalisasi kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa terhadap gempa bumi yang sering terjadi.

Oleh karena itu, struktur bangunan tahanan gempa harus memiliki kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan bangunan. Filosofi dan konsep dasar perencanaan bangunan tahan gempa adalah:

1. Pada saat terjadi gempa ringan, struktur bangunan dan fungsi bangunan harus dapat tetap berjalan sehingga struktur harus kuat dan tidak ada kerusakan baik pada elemen struktural dan elemen nonstruktural bangunan.
2. Pada saat terjadi gempa medium, struktur diperbolehkan mengalami kerusakan pada elemen nonstruktural, tetapi tidak diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural.
3. Pada saat terjadi gempa besar, diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural dan nonstruktural, namun tidak boleh sampai menyebabkan bangunan runtuh sehingga tidak ada korban jiwa atau dapat meminimalkan jumlah korban jiwa.

Tiga sistem struktur penahan gempa, ketiga sistem yang disebutkan dibawah ini merupakan sistem struktur utama yang dipakai untuk meningkatkan daya tahan terhadap gaya gempa (terutama daya tahan horisontal) dari gedung bertingkat banyak. (Muto, 1987).

1. Portal terbuka (*open frames*).
2. Portal dinding (*walled frames*).
3. Dinding geser (*shear walls*) dan portal dengan penyokong diagonal (*diagonally braced frames*).

Tujuan dari struktur gedung yang direncanakan tahan gempa adalah:

1. Sedikit mungkin menghindari korban jiwa manusia yang diakibatkan runtuhnya gedung tersebut
2. Mengijinkan gedung mengalami sedikit kerusakan akibat gempa kecil dan sedang sehingga bisa diatasi.
3. Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang.

4. Mempertahankan setiap layanan vital dari fungsi gedung.

2.5. Kriteria Perencanaan

2.5.1. Kombinasi Beban Berfaktor

Sebelum dilakukan kombinasi pembebanan, beban mati dan beban hidup pada pelat akan ditransfer pada balok sebagai beban segitiga dan trapesium. Beban segitiga dan trapesium tersebut harus diekuivalenkan sebagai beban merata. Perhitungan beban merata ekuivalen adalah sebagai berikut : (Budiadi, 2008)

1. Beban Segitiga $q_{ek} = 1/3 \cdot q \cdot l_x$ (2.6.a)

2. Beban Trapesium $q_{ek} = 1/2 \cdot q \cdot (l_x/l_y^2) \cdot (l_y^2 - 1/3 \cdot l_x^2)$ (2.6.b)

SNI 2847-2013 menentukan kombinasi beban untuk metode ultimit sebagai berikut :

1. $1,4 D$ (2.7.a)

2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$ (2.7.b)

3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$ (2.7.c)

4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$ (2.7.d)

5. $1,2 D + 1,0 E + L$ (2.7.e)

6. $0,9 D + 1,0 W$ (2.7.f)

7. $0,9 D + 1,0 E$ (2.7.g)

Keterangan :

q_{ek} = beban ekuivalen

q = beban merata

l_x = panjang bentang arah x

l_y = panjang bentang arah y

D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen.

L = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung

L_r = beban hidup yang diakibatkan oleh pembebanan atap

R = beban hujan

W = beban angin

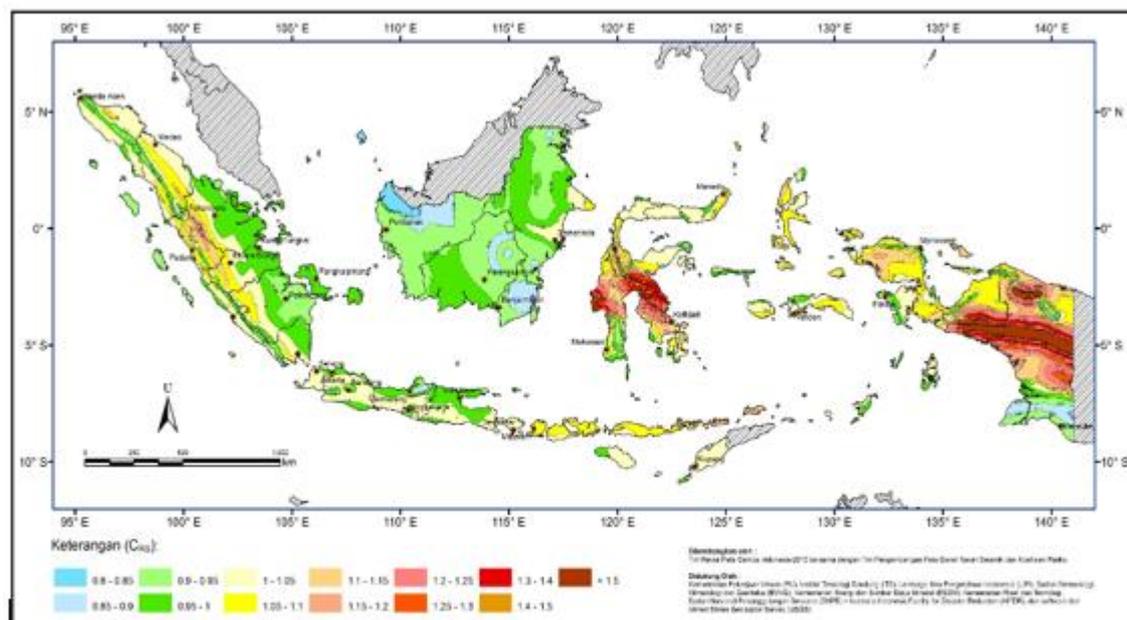
E = beban gempa

2.5.2. Analisis Beban Gempa SNI 1726 – 2012

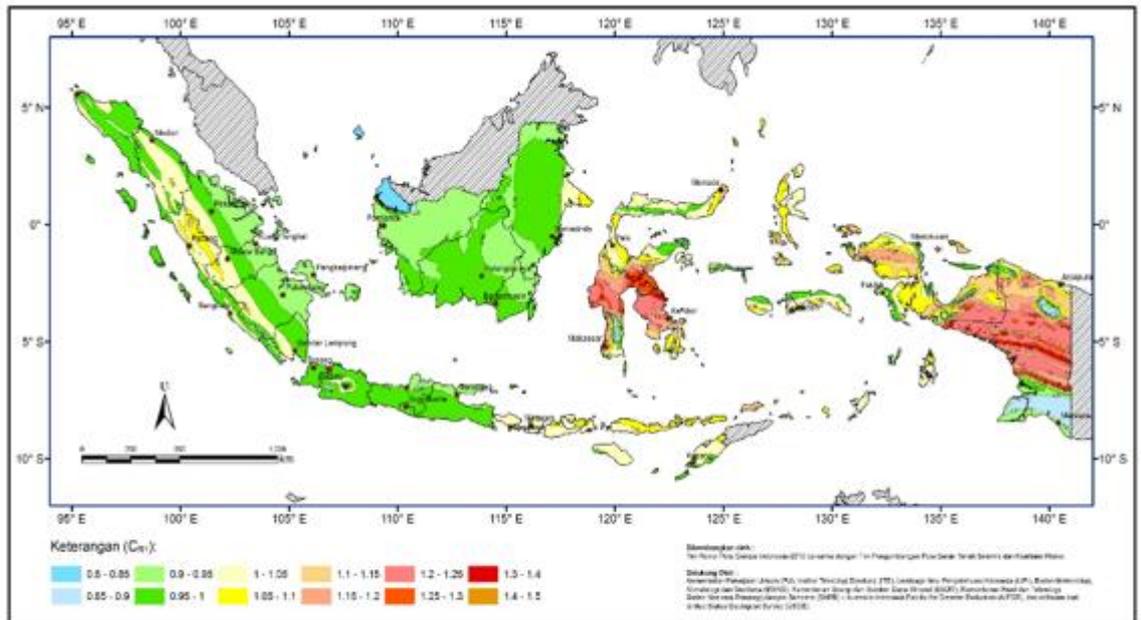
2.5.2.1. Wilayah Gempa

Parameter percepatan gempa ditentukan berdasarkan 2 hal yaitu, parameter percepatan terpetakan dan kelas situs. Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 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. (SNI 1762-2012 Pasal 6.1.1).

Sedangkan kelas situs mengatur klasifikasi 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 situsnya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF. (SNI-1762-2012 Pasal 6.1.2).



Gambar 2.9 C_{RS} , Koefisien Resiko Terpetakan, Periode Respons Spektrum 0,2 detik



Gambar 2.10 C_{RI} , Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Respons Spektrum 1 detik.

2.5.2.2. Kategori Gedung

Pada SNI 1726-2012 Pasal 4.1.2, berdasarkan fungsinya gedung akan di klasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2.1. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

<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 penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <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 di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<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 - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

2.5.2.3. Konfigurasi Struktur Gedung

Struktur Gedung dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu beraturan dan tidak beraturan. Pada SNI 1726-2012 Pasal 7.3.2 syarat-syarat yang kemudian dapat menentukan suatu gedung beraturan atau tidak.

Analisis gedung beraturan dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen. Sedangkan gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan dinamik yang analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respon dinamis.

2.5.2.4. Respons Spektrum Percepatan Gempa Maksimum

Penentuan respons spektrum percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi seismic 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:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots(2.8.a)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots(2.8.b)$$

Keterangan

S_s : parameter respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan periode pendek

S_1 : parameter respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan periode 1,0 detik

Tabel 2.3 Klasifikasi Situs (SNI 1726 – 2012 Pasal 5.3)

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{60}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{60}	\bar{s}_u (kPa)
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

Tabel 2.4 Koefisien Situs, F_a (SNI 1726 – 2012 Pasal 6.2)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) 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 ^b				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 2.5 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode pendek, $T=1,0$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	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	2.8	2.4	2.4
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(SNI 1726 – 2012 Pasal 6.2)

2.5.2.5. Parameter Percepatan Spektrum Desain

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

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} \dots\dots\dots(2.9.a)$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} \dots\dots\dots(2.9.b)$$

(SNI 1726-2012 Pasal 6.3)

2.5.2.6. Parameter Periode Fundamental Pendekatan

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan, T_a , dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa untuk Sistem Rangka Pemikul Momen secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m:

$$T_a = 0,1N \dots\dots\dots(2.10.a)$$

Keterangan:

N = Jumlah tingkat

(SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2.1)

2.5.2.7. Spektrum Respons Desain

Penggambaran respons spektrum pada masing-masing wilayah gempa dan jenis tanah adalah sebagai berikut:

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

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots(2.11.a)$$

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:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots(2.11.b)$$

Keterangan:

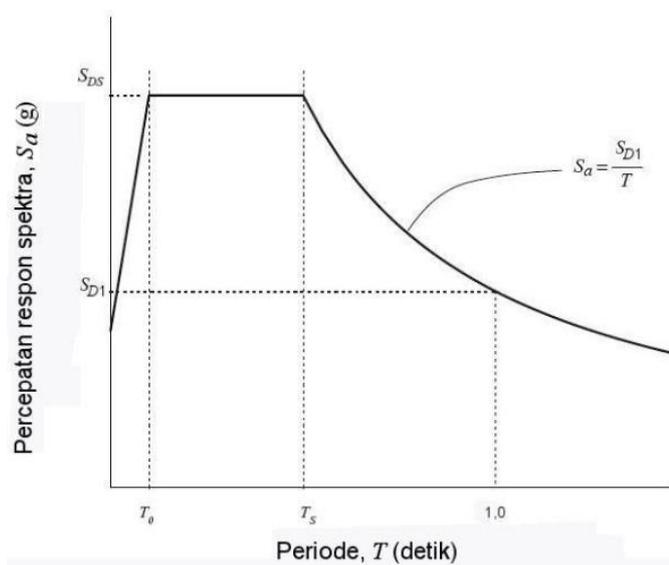
S_{DS} = parameter respons spectral percepatan desain pada periode pendek

S_{D1} = parameter respons spectral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

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

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots(2.11.d)$$



Gambar 2.11 Spektrum Respons Desain (SNI 1726 – 2012 Pasal 6.4)

2.5.2.8. Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan dengan persamaan berikut: (SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1)

$$V = C_s \cdot W_{tot} \dots\dots\dots(2.12.a)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respon seismik

W_{tot} = berat seismik efektif gedung

Perhitungan koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut: (SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1.1)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(2.12.b)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

Ketentuan:

1. Nilai C_s, yang dihitung tidak perlu melebihi hasil persamaan berikut:

$$C_{s(\text{maks})} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \dots \dots \dots (2.12.c)$$

2. Dan juga besarnya nilai C_s yang dihitung tidak kurang dari hasil persamaan berikut:

$$C_{s(\text{min})} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \dots \dots \dots (2.12.d)$$

2.5.2.9. Distribusi Gaya Gempa

Gaya gempa yang akan direncanakan pada elemen struktur dibagi menjadi:

1. Gaya gempa lateral (F_x), gaya yang akan timbul pada semua tingkat, yang harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_i = C_{vx} V = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} V \dots \dots \dots (2.13.a)$$

2. Gempa horizontal (V_x), geser tingkat desain gempa di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \dots \dots \dots (2.13.b)$$

Keterangan:

F_i = bagian dari geser dasar seismik (V) yang timbul di tingkat I(kg)

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kg)

w_i = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i

h_i = tinggi dari dasar sampai tingkat i (m)

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut:

1. Untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang, k = 1
2. Untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 2,5 detik atau lebih, k = 2
3. Untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

2.6. Konsep Perencanaan

2.6.1. Perencanaan Baja

Perencanaan yang dipakai adalah pendekatan umum berdasarkan faktor daya tahan dan beban, atau disebut dengan *Load Resistance Design Factor* (LRFD). Pada metode ini diperhitungkan mengenai kekuatan nominal M_n penampang struktur yang dikalikan oleh faktor pengurangan kapasitas (*under-capacity*) ϕ , yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidak-pastian dalam besarnya daya tahan (*resistance uncertainties*). Selain itu diperhitungkan juga faktor gaya dalam ultimit M_u dengan kelebihan beban (*overload*) γ (bilangan yang lebih besar dari 1,0) untuk menghitung ketidak-pastian dalam analisa struktur dalam menahan beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), angin (*wind*), dan gempa (*earthquake*).

Struktur dan batang struktural harus selalu direncanakan memikul beban yang lebih besar daripada yang diperkirakan dalam pemakaian normal. Kapasitas cadangan ini disediakan terutama untuk memperhitungkan kemungkinan beban yang berlebihan. Selain itu, kapasitas cadangan juga ditujukan untuk memperhitungkan kemungkinan pengurangan kekuatan penampang struktur. Penyimpangan pada dimensi penampang walaupun masih dalam batas toleransi bisa mengurangi kekuatan. Terkadang penampang baja mempunyai kekuatan leleh sedikit di bawah harga minimum yang ditetapkan, sehingga juga mengurangi kekuatan.

(Halaman Dikосongkan)