

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Gempa di Indonesia

Gempa bumi adalah getaran di tanah yang disebabkan oleh gerakan permukaan bumi. Hal ini disebabkan oleh adanya pelepasan energi regangan elastis batuan pada litosfer. Terdapat dua teori yang menyatakan proses terjadinya atau asal mula gempa, yaitu pergeseran lempeng (patahan) dan teori kekenyalan elastis (Sabarudin, 2008:6). Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi. Menurut Joko Cristante (1988:2) dalam Pristanto (2010:14-17), macam-macam gempa bumi dapat dilihat berdasarkan dari:

1. Gempa Bumi Vulkanik

Gempa bumi vulkanik adalah gempa bumi yang terjadi akibat adanya aktivitas vulkanisme. Aktivitas vulkanisme dan gempa bumi sering terjadi secara bersama-sama sepanjang batas lempeng di seluruh dunia. Apabila keaktifan gunung api semakin tinggi maka akan menyebabkan timbulnya ledakan dan juga terjadinya gempa bumi.

2. Gempa Bumi Tektonik

Gempa bumi tektonik disebabkan oleh pelepasan tenaga yang terjadi karena pergeseran lempengan plat tektonik seperti layaknya gelang karet yang ditarik dan dilepaskan dengan tiba-tiba. Gempa bumi ini dapat menyebabkan terjadinya bencana tsunami.

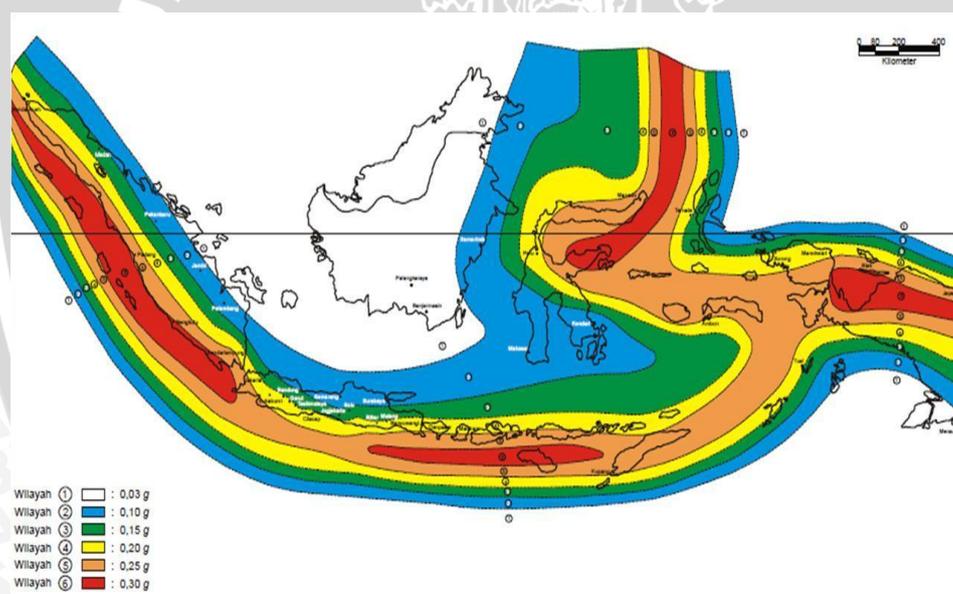
3. Gempa Bumi Runtuhan

Gempa runtuhan adalah gempa bumi yang terjadi akibat runtuhnya atap gua, runtuhnya atap tambang dan sebagainya.

Di antara ketiga jenis gempa bumi di atas, gempa bumi tektonik merupakan gempa bumi yang paling sering terjadi. Secara spesifik, gempa bumi tektonik juga dapat diartikan sebagai peristiwa pelepasan energi gelombang seismik secara tiba-tiba yang diakibatkan oleh adanya deformasi lempeng tektonik yang ada di kerak bumi. Pelepasan energi gelombang seismik dan guncangan yang terjadi secara tiba-tiba menyebabkan gelombang seismik yang menyebar dan merambat melalui lapisan kulit bumi. Pada kenyataannya, lempengan-lempengan

tektonik ini selalu bergerak dan saling mendesak satu sama lain. Pergerakan lempengan-lempengan tektonik ini menyebabkan terjadinya penimbunan energi secara perlahan-lahan. Gempa tektonik kemudian terjadi karena adanya pelepasan energi yang telah lama tertimbun tersebut. Gempa bumi tektonik biasanya jauh lebih kuat getarannya dibandingkan dengan gempa bumi vulkanik, gempa bumi runtuh, maupun gempa bumi buatan. Oleh karena itu, getaran gempa bumi tektonik merupakan gempa bumi yang paling banyak menimbulkan kerusakan secara masif dan mengakibatkan banyaknya korban jiwa (Budiono dan Supriatna, 2011:7)

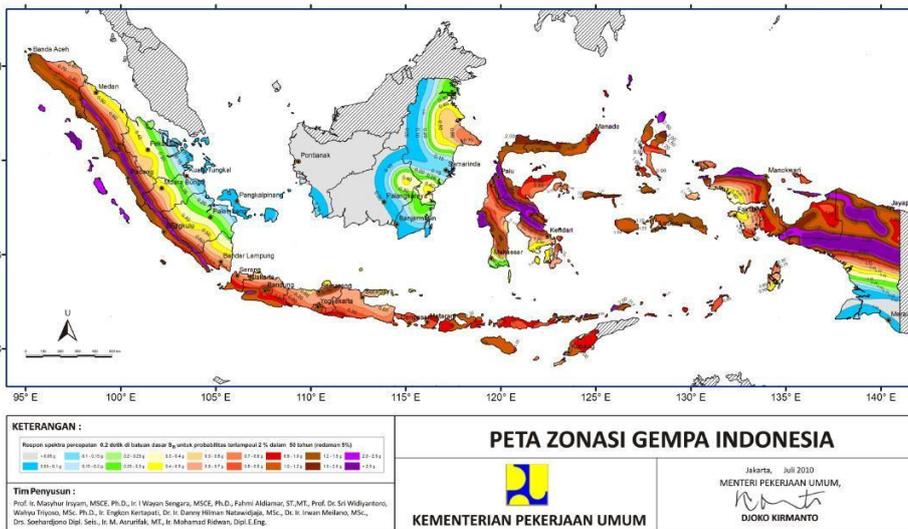
Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 4.7, Indonesia ditetapkan dalam enam wilayah gempa seperti ditunjukkan dalam gambar 1. Wilayah gempa satu adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan wilayah gempa enam dengan kegempaan paling tinggi.



Gambar 1. Enam zona wilayah gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002

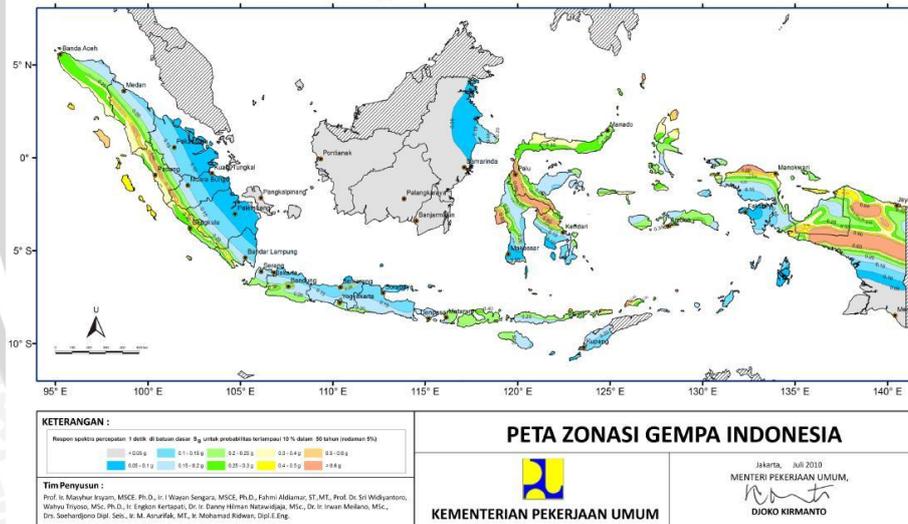
Sedangkan untuk wilayah gempa berdasarkan RSNI 03-1726-201x pasal 14, ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik). Hal ini dapat dilihat pada gambar 2 dan 3

Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (SS) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun



Gambar 2. Peta respons spektra berdasarkan RSNI 03-1726-201x

Peta respon spektra percepatan 1.0 detik (S1) di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



Gambar 3. Peta respons spektra berdasarkan RSNI 03-1726-201x

2.2. Material Penyusun Dinding M-Panel

Dinding panel merupakan sebuah lembaran material yang biasanya dibentuk atau dipotong menjadi persegi panjang, yang difungsikan sebagai dinding penghias, peredam suara, penahan panas serta dapat dikombinasikan

dengan suatu bahan lain pendukung untuk menjaga keseragaman dalam penampilmannya. (Wikipedia,2014)

Dinding panel dapat dikatakan sebagai salah satu bentuk inovasi dalam bidang konstruksi. Melalui penelitian yang dilakukan lebih dari 30 tahun, Modern Panel telah melakukan suatu pembaharuan dalam bidang pembangunan. Terinspirasi dari sistem bangunan dinding panel di Eropa, saat ini M-Panel telah memproduksi dinding panel sebagai pengganti batu bata yang memiliki kelebihan proses pembangunan lebih cepat serta kualitas bangunan yang baik.

PSM merupakan dinding panel struktur yang terbuat dari *EPS (Expanded Polystyrene)* yang diselimi oleh kawat baja dan dihubungkan dengan konektorkawat baja, yang kemdian dipleister kedua sisinya.

Komponen penyusun dinding M-panel adalah :

2.2.1. Expanded Polystyrene (EPS)

Styrofoam adalah suatu bahan yang apabila tidak digunakan akan menjadi limbah dan tidak dapat diolah secara alami (tidak dapat membusuk), sehingga apabila tidak ada solusi untuk mengolah bahan tersebut maka akan semakin banyak dan menjadi limbah yang cukup berbahaya. Nama umum dari bahan ini adalah *EPS (Expanded Polystyrene)*. Dengan berkembangnya penelitian akan kegunaanEPS, misalkan penggunaan baru EPS adalah untuk bahan panel bangunan. Penggunaan EPS untuk bahan bangunan jauh lebih ramah lingkungan dibanding penggunaan EPS sebagai bahan pembungkus/pengepakan makanan, karena jangka pemakaiannya yang sangat panjang (bertahun-tahun selama bangunan digunakan).

Menurut (Andersen, 2011) *styrofoam* atau yang dikenal dengan *Expanded Polystyrene (EPS)* adalah suatu material yang terbuat ekspansi polystyrene beads(butir polistiren) yang dibuat dengan cara dicetak (moulding). *Styrofoam* dikenal juga dengan istilah styropor.

Mengacu pada kenyataan bahwa material *foam polystyrene* memiliki bentuk sel tertutup yang sangat kecil (1 m³ EPS material foam polystyrene mengandung 3-6 juta sel) yaitu 0.01-0.1 mm diameter, oleh karena itu dari segi teknik peredaman, material foam polystyrene adalah material peredam yang baik. Yang paling utama yang harus diperhatikan adalah berat unit dari material *foampolystyrene* harus berkurang. Berat dari material foam yang didapat melalui

banyak metode sebelum *swelling* atau pembengkakan memiliki bermacam-macam berat dari 10-100 kg/m³. Pada umumnya, standar dari foam material yang digunakan pada konstruksi memiliki kepadatan 10-30 kg/m³. (Kristanto dkk, 2011).

Menurut Andersen (2011) istilah *expanded polystyrene* sering kali disamakan dengan *extruded polystyrene*. Kedua material ini sebenarnya berbeda. Perbedaannya dari kedua bahan tersebut yaitu:

a. *Extruded Polystyrene*

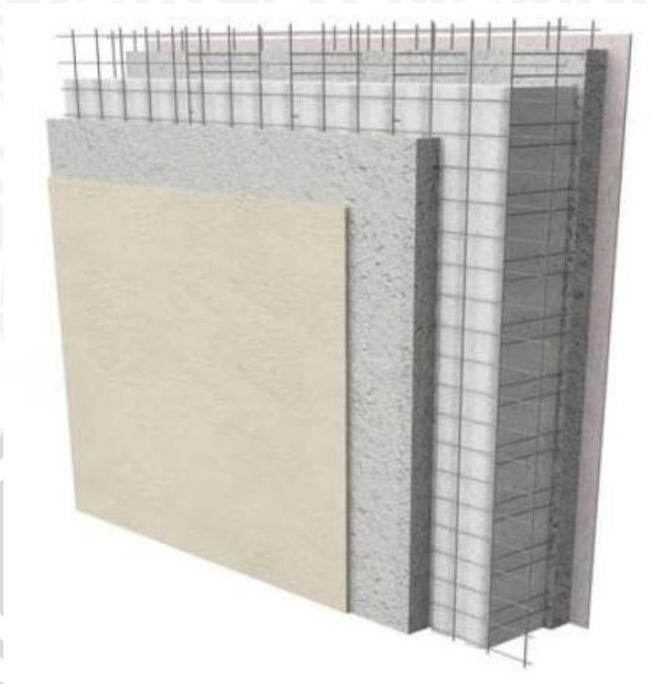
Extruded Polystyrene digunakan untuk memproduksi kotak perakit model plastik, alat-alat pemotong seperti pisau, gunting dan alat-alat makan. Dari pembuatannya *extruded polystyrene* dibuat dengan proses ekstrusi.

b. *Expanded Polystyrene*

Expandable polystyrene diciptakan oleh BASF (sebuah pabrik kimia) pada tahun 1951 dan sekarang EPS diproduksi dari bahan mentah dengan biaya seefektif mungkin sebagai produk pembungkus (packaging) yang efisien. Dari pembuatannya *expanded polystyrene* dibuat dengan proses molding.

Berdasarkan uraian mengenai jenis-jenis *polystyrene*, *Expanded Polystyrene* telah dipilih sebagai bahan penyusun dari dinding M-Panel. Seperti telah diketahui bahwa penggunaan *Expanded Polystyrene (EPS)* merupakan salah satu pengembangan teknologi sandwich panel yang mengaplikasikan penggunaan bahan *polystyrene* sebagai salah satu komponen penyusunnya.

Secara fisik, EPS hampir sama dengan *styrofoam* pada umumnya. Akan tetapi, EPS M-Panel diproduksi dengan kepadatan yang lebih padat dan dengan zat adiktif.



Gambar 4. Expanded Polystyrene Foam (EPS) berdasarkan PT. Modern Panel Indonesia

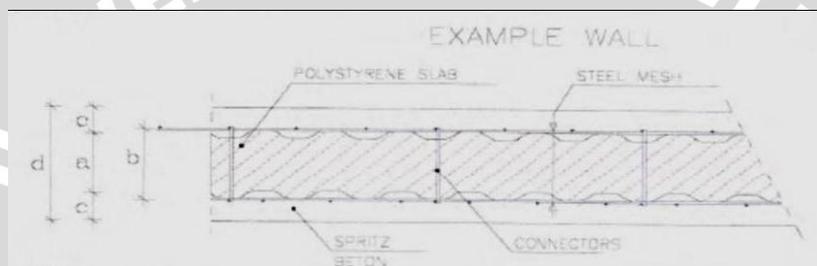
Kelebihan EPS yang diproduksi oleh M-panel adalah sebagai berikut :

- Ramah lingkungan karena tidak mengandung zat-zat yang berbahaya dan beracun misalnya chlorofluorocarbons (CFC) atau hydrochlorocarbons (HCFC).
- Menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan jamur karena tidak mengandung bahan organik.
- Tidak mengalami kerusakan permanen jika terkena uap atau kelembaban.
- Terbuat dari campuran khusus sehingga tidak mudah terbakar dan tidak merambatkan api.
- Tidak mempunyai bahan kimia aktif.
- Dapat diproduksi sesuai permintaan dengan menyesuaikan kepadatan dan ketebalan yang diinginkan.
- Meminimalisir limbah yang dihasilkan dengan mengoptimalkan pemotongan EPS, serta mendaur ulang bahan sisa EPS di pabrik produksi.

- Tidak menciptakan efek alergi dan tidak merusak kesehatan bagi pekerja.
(Sumber : web M-Panel)

2.2.2 Spesifikasi M-Panel Jenis PSM 80

Struktur M-Panel jenis *Single Panel Structures* (PSM) terdiri dari 2 lapisan beton plesteran di kedua sisinya. Lapisan beton dengan tebal 35 mm (1,4 inch) dengan kuat tekan ($f'c$) 17,5 MPa. Tetapi untuk dinding non struktural ketebalan plesteran dapat diperkecil dan kuat tekan yang lebih rendah. Dinding ini juga terdiri dari 2 rangkaian kawat *wiremesh* di kedua sisinya dan dihubungkan dengan connector kawat *wiremesh* juga. Untuk pengisi tengahnya digunakan EPS (*Expanded Polystyrene*).



Gambar 5. Dinding M-Panel berdasarkan PT. Modern Panel Indonesia

Dengan **a** merupakan tebal EPS, **b** adalah jarak memanjang antar kawat *wiremesh*, **c** adalah tebal beton, dan **d** adalah tebal total dinding PSM. Karakteristik kawat *wiremesh* dengan kuat leleh (f_y) lebih dari 600 MPa dan kuat tarik (f_t) lebih dari 680 MPa. Untuk lebih lengkapnya berikut adalah tabel spesifikasi dinding M-Panel jenis PSM.

Tabel 2. Spesifikasi Dinding M-Panel Jenis PSM

PSM \varnothing 2,5-3,5 Kepadatan 15 daN/m ³	Ketebalan EPS (mm)	Ketebalan beton (mm)	Jarak antara dua jaring siku (mm)	Ketebalan total (mm)	Berat panel (kg/m ²)	Berat dinding (panel+beton) (kg/m ³)
PSM 40	40	35	62,5	110	3,54	146,5
PSM 50	50	35	72,5	120	3,73	146,7
PSM 60	60	35	82,5	130	3,93	147,0
PSM 80	80	35	102,5	150	4,32	147,4
PSM 100	100	35	122,5	170	4,71	147,9
PSM 120	120	35	142,5	190	5,10	148,4
PSM 140	140	35	162,5	210	5,49	148,9
PSM 160	160	35	182,5	230	5,88	149,4
PSM 180	180	35	202,5	250	6,27	149,9
PSM 200	200	35	222,5	270	6,66	150,3

Sumber : PT. Modern Panel Indonesia

2.2.3 Kawat Baja (Wiremesh)

Wiremesh adalah besi fabrikasi bertegangan leleh tinggi yang terdiri dari dua lapis kawat baja yang saling bersilang tegak lurus. Setiap titik persilangan dilas secara otomatis menjadi satu, menghasilkan penampang yang homogen, tanpa kehilangan kekuatan dan luas penampang yang konsisten. (Yehuda,2011).

Wiremesh yang digunakan dalam dinding M-panel telah dilas, terbuat dari kawat baja yang telah di galvanis yang diletakkan di kedua sisi panel *polyfoam* dan saling terhubung satu dengan yang lainnya. Diameter kawat yang digunakan bervariasi mulai dari 2,5 – 5 mm, dengan kekuatan tarik lebih besar dari 600 MPa. (Sumber : web M-Panel)

2.3 Arah Pembebanan Gempa

Untuk menentukan arah beban gempa, terlebih dahulu menegetahui besar beban gempa. Besarnya beban gempa harus dapat diperkirakan terlebih dahulu. Dalam kenyataanya arah gempa tidak dapat ditentukan secara pasti, sehingga pengaruh beban gempa dapat datang dari segala arah. Untuk itu, perlu dilakukan analisis struktur dengan meninjau pengaruh dari beban gempa pada masing-masing arah dari struktur. Untuk berbagai arah gempa yang bekerja, bagian yang kritis dari elemen-elemen struktur akan berbeda pula. Analisis perencanaan struktur ditinjau untuk beberapa kemungkinan arah gempa. Beban gempa bekerja pada ke dua arah sumbu utama struktur bangunan yang saling tegak lurus secara simultan. Arah gempa dapat disimulasikan dengan meninjau beban Gempa Rencana yang disyaratkan oleh peraturan. Besarnya beban gempa pada struktur dapat diperhitungkan dengan menjumlahkan 100% beban gempa pada satu arah dengan 30% beban gempa pada arah tegak lurusnya. (SNI 03-1726-2002)

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm (100\% E_x + 30\% E_y) \text{ atau}$$

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm (30\% E_x + 100\% E_y)$$

2.4 Daktilitas Struktur

Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga

struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan. (Pudjisuryadi dan Benjamin, 2006)

Untuk mengetahui nilai daktilitas dari suatu struktur secara tepat sebaiknya digunakan analisis beban dorong. Dengan membandingkan antara perpindahan saat terjadinya sendi plastis pertama kali dengan perpindahan saat struktur akan runtuh bisa didapatkan nilai daktilitas gedung secara tepat. Dengan adanya aplikasi SAP 2000 akan mempermudah dalam melakukan analisis beban dorong ini. Dari hasil output aplikasi SAP 2000 bisa didapatkan besarnya perpindahan tersebut sehingga dengan mudah didapatkan nilai daktilitas struktur (Moelianto, 2008).

Berdasarkan ketentuan SNI 03 – 1726 – 2002 faktor *daktilitas* struktur gedung adalah rasio antara simpangan maksimum (Δm) struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan (Δy). Nilai faktor daktilitas struktur gedung (μ) dalam perencanaan struktur gedung dapat dipilih menurut kebutuhan tetapi tidak boleh dipilih lebih besar dari faktor *daktilitas* maksimum (μ_m).

2.4.1 Tingkat *daktilitas* struktur

Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002 memberikan penjelasan tingkat daktilitas struktur gedung sebagai berikut:

1. *Daktilitas* Penuh

Daktilitas penuh adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung dimanastrukturnya mampu mengalami simpangan pasca elastik pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan yang paling besar, yaitu dengan mencapai kondisi di ambang keruntuhan yang paling besar dengan *faktor daktilitas* sebesar 5,3.

2. *Daktilitas* Parsial

Daktilitas parsial adalah seluruh tingkat *daktilitas* struktur gedung dengannilai faktor *daktilitas* di antara struktur gedung yang elastik penuh sebesar 1,0 dan untuk struktur gedung yang daktail penuh sebesar 5,3.

3. Elastik Penuh

Elastik penuh adalah suatu tingkat *daktilitas* struktur gedung dengan faktor *daktilitas* sebesar 1,0.

Menurut Amir (2011), besarnya daktilitas diidentifikasi sebagai displacement ductility faktor (μ), yaitu:

$$\mu = \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad \dots\dots\dots (1)$$

dengan: μ = displacement ductility factor, Δy = lendutan saat leleh, Δu = lendutan ultimit.

Menurut Amir (2011), kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu lendutan sebesar satu satuan, ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$k = \frac{P_{cr}}{\Delta_{cr}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

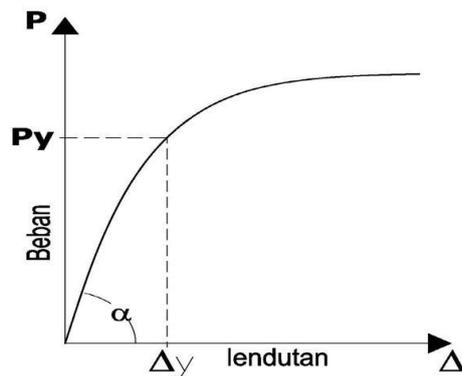
dengan:

k = kekakuan lentur (N/mm),

P_{cr} = beban balok saat retak pertama (N),

Δ_{cr} = lendutan pada balok saat retak pertama (mm).

Menurut Prasetyo (2009), rasio antara beban (P) dan lendutan (Δ) dalam keadaan linear menunjukkan kekakuan struktur. Dari setiap pembebanan dan lendutan yang terjadi, maka dapat dibuat grafik yang menggambarkan beban–lendutan, yang mempunyai bentuk seperti gambar 1 berikut:



Gambar 6. Grafik Hubungan beban (P) dan lendutan (Δ) berdasarkan Prasetyo (2009)

Dari gambar 6. bisa dijabarkan menjadi persamaan berikut:

$$\text{tg } \alpha = P_y / y$$

$$k = \text{tg } \alpha$$

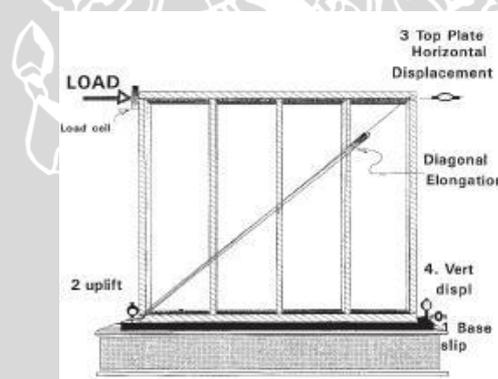
$$\text{maka, } k = P_y / y$$



2.5 Static Load Test (ASTM E 564)

Pada ASTM E 564 tentang *Standard Practice for Static Load Test for Shear Resistance of Framed Walls for Buildings*, terdapat pengertian, tata cara pengujian, serta perhitungan mengenai pengujian beban statik pada dinding. Dalam ASTM ini membahas tentang metode untuk evaluasi kapasitas geser pada dinding. Kuat geser dan kekakuan dinding dan hubungan lainnya ditentukan dengan memaksa deformasi *racking* terjadi. Deformasi *racking* adalah kecenderungan dinding untuk berubah bentuk dari persegi menjadi seperti belah ketupat dibawah aksi dari beban *in-plane* yang bekerja tegak lurus tinggi dinding.

Deformasi *racking* dapat dicapai dengan mengangkur daerah bawah dinding dan meletakkan beban diatas sejajar dengan tinggi dinding dan tegak lurus dengan lebar dinding. Distorsi dinding terbatas pada permukaan dinding yang tidak tertekan. Beban yang digunakan untuk me-*rack* dinding dan perpindahannya pada setiap interval beban adalah dihitung diawal. Pengujian ini menggunakan beban lateral statik (*Static Load Test*).



Gambar 7. Konfigurasi Pengujian Dinding berdasarkan ASTM

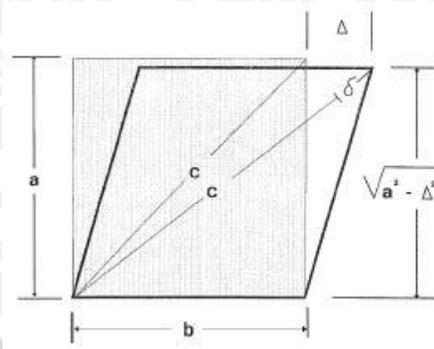
Pengukuran displacement geser harus teliti sampai 0,25 mm (0,1 in). Dua nilai yang mendekati untuk menghitung kekakuan geser ditetapkan dalam percobaan ini adalah pengukuran langsung dan perkiraan dengan menghitung perpanjangan diagonal frame.

$$(C + \Delta)^2 = (b + \Delta)^2 + (a^2 - \Delta^2)$$

$$\text{substitusi : } a^2 + b^2 = c^2$$

$$\text{didapatkan : } 2 C \Delta + \Delta^2 - 2 b \Delta = 0$$

$$\text{sehingga : } \Delta = \frac{(2 C \Delta + \Delta^2)}{2 b}$$



Gambar 8. Perhitungan Deformasi Horizontal berdasarkan ASTM

