

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Umum

Suatu bangunan yang baik pada daerah yang terletak berdekatan dengan daerah pertemuan lempengan benua seperti di Indonesia hendaknya didesain terhadap kemungkinan beban gempa yang akan terjadi di masa yang akan datang yang waktunya tidak dapat diketahui secara pasti. Berikut yang termasuk bangunan tahan gempa adalah:

1. Apabila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural (dinding retak, genting dan langit-langit jatuh, kaca pecah dan sebagainya) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dan lainnya).
2. Apabila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak.
3. Apabila terjadi gempa kuat, bangunan boleh mengalami kerusakan baik komponen non struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar/mengungsi ketempat aman.

Sulit untuk menghindari kerusakan bangunan akibat gempa, bila digunakan perencanaan konvensional, karena hanya bergantung pada kekuatan komponen struktur itu sendiri, serta perilaku respon pasca elastisnya.

Jadi, bangunan yang dirancang secara konvensional harus mampu berdeformasi inelastik, dengan kata lain bangunan harus berperilaku daktail. Namun, kinerja bangunan pada level operasional merupakan tujuan utama bagi beberapa tipe bangunan seperti:

- Bangunan yang berhubungan dengan fasilitas keadaan darurat (rumah sakit, pembangkit listrik, telekomunikasi).
- Bangunan dengan komponen atau bahan yang beresiko tinggi terhadap makhluk hidup (fasilitas nuklir, bahan kimia).
- Bangunan yang berhubungan dengan orang banyak (apartemen, perkantoran, hotel).
- Bangunan yang berhubungan dengan pertahanan Negara.
- Bangunan yang memiliki komponen dan peralatan elektronik yang mahal.
- Bangunan/museum/monumen/ yang berhubungan dengan sejarah.

Dalam perencanaan struktur atau bangunan yang mempunyai ketahanan terhadap gempa dengan tingkat keamanan yang memadai, struktur yang harus dirancang dapat memikul gaya horizontal atau gaya gempa yang harus diperhatikan adalah bahwa struktur dapat memberikan layanan yang sesuai dengan perencanaan. Menurut T. Paulay (1988), tingkat layanan dari struktur gaya gempa terdiri dari tiga, yaitu:

1. *Serviceability*

Jika gempa dengan intensitas percepatan tanah yang kecil dalam waktu ulang yang besar mengenai struktur, disyaratkan tidak mengganggu fungsi bangunan, seperti aktivitas normal didalam bangunan dan perlengkapan yang ada. Artinya tidak dibenarkan ada terjadi kerusakan pada struktur baik pada komponen struktur maupun dalam elemen non-struktur yang ada. Dalam perencanaan harus diperhatikan kontrol dan batas simpangan (*drift*) yang dapat terjadi semasa gempa, serta menjamin kekuatan yang cukup bagi komponen struktur untuk menahan gaya gempa yang terjadi dan diharapkan struktur masih berperilaku elastis.

2. Kontrol kerusakan

Jika struktur dikenai gempa dengan waktu ulang sesuai dengan umur atau masa rencana bangunan, maka struktur direncanakan untuk dapat menahan gempa ringan atau gempa kecil tanpa terjadi kerusakan pada komponen struktur maupun komponen non-struktur, dan diharapkan struktur dalam batas elastis.

3. *Survival*

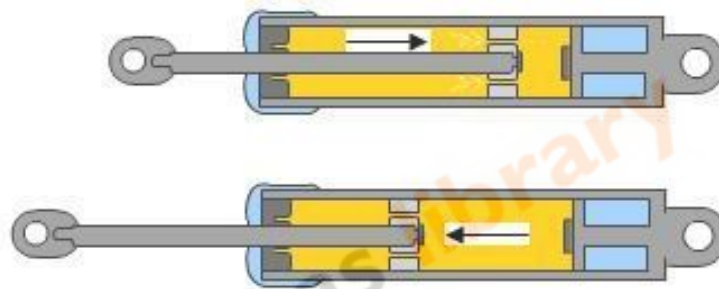
Jika gempa kuat yang mungkin terjadi pada umur/masa bangunan yang direncanakan membebani struktur, maka struktur direncanakan untuk dapat bertahan dengan tingkat kerusakan yang besar tanpa mengalami kerusakan dan keruntuhan (*collapse*). Tujuan utama dari keadaan batas ini adalah untuk menyelamatkan jiwa manusia.

Seiring dengan perkembangan teknologi dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah dikembangkan suatu pendekatan desain alternatif untuk mengurangi resiko kerusakan bangunan akibat gempa, dan mampu mempertahankan integritas komponen struktural dan non-struktural terhadap gempa kuat. Pendekatan desain ini bukan dengan cara memperkuat struktur bangunan, tetapi adalah dengan mereduksi gaya gempa yang bekerja pada bangunan. Salah satu konsep pendekatan perencanaan yang telah digunakan banyak orang adalah dengan menggunakan FVD (*Fluid viscous damper*).

2.2 Prinsip Sistem *Fluid viscous damper* (FVD)

Fluid viscous dampers adalah suatu alat yang digunakan untuk meredam sebuah gaya dinamis yang bekerja pada sebuah struktur seperti beban gempa dan beban angin, *fluid viscous damper* merupakan salah satu cara untuk menambah energi disipasi pada sistem lateral struktur bangunan. Peredam ini menghilangkan energi dengan cara mendorong *fluida*/cairan melalui sebuah *orifices* dan menghasilkan sebuah tekanan yang menciptakan sebuah gaya redaman.

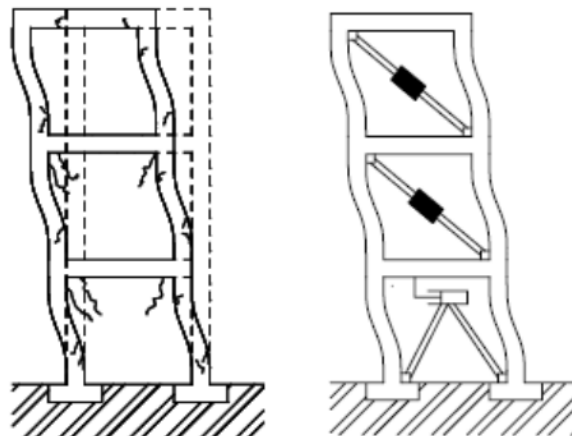
Cara kerja FVD yaitu dengan cara memberikan perlawanan gaya melalui pergerakan yang dibatasi. Gaya yang diberikan oleh FVD timbul akibat adanya gaya luar yang berlawanan arah bekerja pada alat tersebut. Peralatan ini bekerja dengan menggunakan konsep mekanika *fluida* dalam mendisipasikan energi.



Gambar 2.1 Skema Kerja *Fluid Viscous Dsmper*

(sumber : <https://fikrialvian.wordpress.com/author/fikrialvian/>)

Perbandingan antara bangunan konvensional dengan bangunan yang menggunakan *fluid viscous damper* dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Perilaku Gedung yang Menggunakan *Fluid Viscous Damper*

(sumber : Moreschi, Luis M. 2000)

Jika pada struktur dipasang *fluid viscous damper*, gaya redaman akan sama dengan nol pada saat defleksi maksimum, karena kecepatan *stroke* sama dengan nol dan kemudian berbalik arah. Saat kolom berbalik arah ke posisi semula, akan menyebabkan menjadikan kecepatan *stroke* menjadi maksimum atau gaya redamannya menjadi maksimum. Pada posisi kolom normal, tegangan kolom adalah minimum. Dengan demikian penggunaan *fluid viscous damper* sebagai alat peredam struktur, tidak akan meningkatkan beban pada kolom akibat gaya yang dikeluarkan *fluid viscous damper*, karena saat terjadi gempa dan gaya damper maksimum, tegangan kolom justru minimum.

Beberapa kelebihan *fluid viscous damper* adalah :

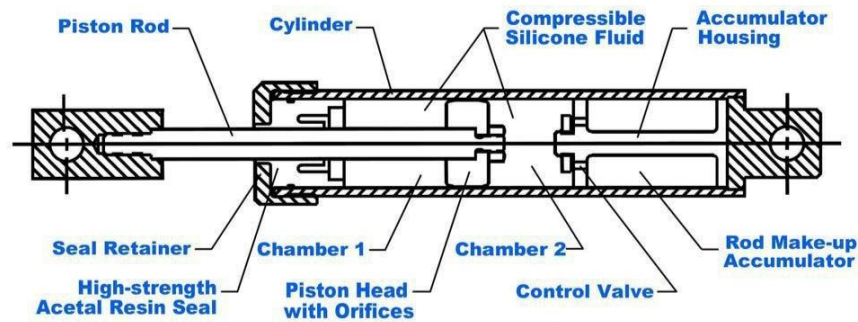
1. Dapat mereduksi tegangan, gaya geser dan defleksi pada struktur.
2. Bekerja secara pasif (tidak membutuhkan peralatan atau sumber daya dalam penggunaannya).
3. Dapat bekerja dengan tekanan *fluida* lebih tinggi, sehingga bentuknya semakin kecil dan praktis.



Gambar 2.3 Aplikasi Penggunaan *Fluid Viscous Damper* pada Bangunan Gedung
(sumber : en.wikiversity.org)

2.2.1 Bagian-Bagian *Fluid Viscous Damper*

Elemen desain pokok dari *fluid viscous damper* relatif sedikit. Namun, rincian dari elemen-elemen ini dalam beberapa hal dapat menjadi sulit dan rumit. **Gambar 2.4** menggambarkan FVD dan bagian-bagiannya.



Gambar 2.4 Bagian-Bagian *Fluid Viscous Damper*

(Sumber: Gary C. H.,2000)

1. *Piston Rod*

Dikarenakan *piston rod* relatif ramping dan harus menahan beban kolom, biasanya *piston rod* dibuat dari material baja mutu tinggi. *Stainless steel* lebih dipilih untuk digunakan karena korosi pada permukaan *piston rod* dapat menyebabkan *fluid viscous damper* tidak berfungsi.

2. *Cylinder*

Cylinder berisi media cairan, dan harus menerima tekanan ketika FVD beroperasi. *Cylinder* biasanya terbuat dari pipa-pipa baja. Konstruksi las dan cor tidak diizinkan untuk *cylinder damper*, mengingat kekhawatiran akan umur kelelahan dan retak tegang.

3. *Fluid*

Cairan yang digunakan adalah cairan yang tahan api, tidak beracun, mempunyai temperatur yang stabil, dan tahan lama. Satu-satunya cairan yang memenuhi semua kriteria tersebut adalah jenis *silicone*. *Silicone* yang digunakan memiliki titik nyala (*flashpoint*) lebih dari 340°C, cairan *silicone* yang digunakan pada peredam ini sebenarnya identik dengan *silicone* yang umum digunakan dalam kosmetik seperti krim tangan dan wajah.

4. *Seal*

Seal yang digunakan pada *fluid viscous damper* harus mampu berfungsi minimal 25 tahun tanpa memerlukan pergantian secara periodik. Kebanyakan damper menggunakan *seal* dinamik pada permukaan *piston rod*, dan *seal* statik dimana ujung penutup atau penahan seal melekat ke *cylinder*.

5. *Piston Head*

Piston head melekat pada *piston rod*, dengan membagi *cylinder* kedalam dua ruang tekan. *Piston Head* berfungsi untuk mendorong cairan (*fluid*) melalui *orifices* yang berada didalam, sehingga menghasilkan tekanan redaman.

6. *Seal Retainer*

Digunakan untuk menutup dan membuka ujung *cylinder*.

7. *Accumulator*

Fungsi dari *Accumulator* adalah untuk mengontrol laju pergerakan *piston rod* masuk dan keluar peredam selama bekerja. Fungsi lainnya adalah untuk menyeimbangkan temperatur dan penyusutan cairan (*fluid*).

8. *Orifices*

Aliran bertekanan dari cairan melalui *piston head* diatur oleh *Orifice*.

2.2.2 Kekakuan pada *Fluid Viscous Damper*

Menurut Douglas P.Taylor, kekakuan dari *fluid viscous damper* dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$K = \frac{AE}{L} \quad (2.1)$$

dimana,

K = kekakuan *fluid viscous damper* (kg/m),

A = luas selimut *fluid viscous damper* (m²),

E = modulus elastisitas (kg/m²),

L = panjang *fluid viscous damper* (m).

2.2.3 Gaya pada *Fluid Viscous Damper*

Konsep penambahan peredam pada struktur mengasumsikan bahwa energi yang masuk ke dalam strutur akan diserap sebagian besar oleh elemen peredam (*damper*) dan sisa energi atau sebagian kecil diserap oleh elemen struktur lainnya. *Fluid viscous damper* mempunyai keunikan yaitu mampu memperkecil tegangan dan defleksi secara bersamaan. Hal ini dikarenakan gaya *fluid viscous damper* bervariasi hanya dengan kecepatan geraknya, yang menghasilkan respon yang langsung berhubungan terhadap tegangan lentur struktur. Bentuk umum dari gaya redaman yang diinput untuk analisis struktur yang menggunakan *fluid viscous damper* dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$F_d = C \dot{x} \quad (2.2)$$

dimana,

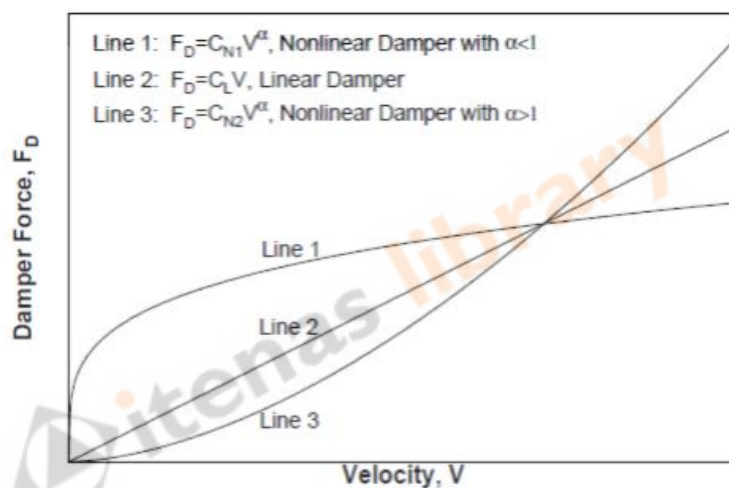
F_d = gaya peredam,

C = konstanta peredam,

\dot{x} = kecepatan dari ujung ke ujung elemen,

α = koefisien kecepatan peredam.

Koefisien α merupakan eksponen yang memiliki nilai spesifik dalam rentang 0,3 sampai 1,0. Rentang nilai α untuk bangunan dengan *design seismic* adalah 0,4 sampai 0,5. Nilai koefisien α mempengaruhi kelinieran gaya peredam, peredam dengan $\alpha = 1$, disebut *viscous damper* linier yang mana gaya peredam berbanding lurus dengan kecepatan, sedangkan damper dengan $\alpha > 1$ dan $\alpha < 1$ disebut *viscous damper* non-linier, yang efektif untuk meminimalkan guncangan dengan kecepatan tinggi.



Gambar 2.5 Grafik Hubungan Gaya Peredam dengan Kecepatan Peredam

(Sumber: Jenn-Shin Hwang, 2001)

2.3 Metode Analisis *Time History*

Pada Analisis Ragam Riwayat Waktu diperlukan rekaman percepatan gempa. Analisis dinamik riwayat waktu (*time history*) sangat cocok digunakan untuk analisis struktur yang tidak beraturan terhadap pengaruh gempa rencana. Mengingat gerakan tanah akibat gempa di suatu lokasi sulit diperkirakan dengan tepat, maka sebagai *input* gempa dapat didekati dengan gerakan tanah yang disimulasikan.

Akselerogram gempa masukan yang ditinjau dalam analisis respon dinamik linier dan non-linier riwayat waktu, harus diambil dari rekaman gerakan tanah akibat gempa yang didapat di suatu lokasi yang mirip kondisi geologi, topografi dan seismotektoniknya dengan lokasi tempat struktur bangunan gedung yang ditinjau berada. Pada analisis ini

untuk mengurangi ketidak-pastian mengenai kondisi lokasi ditinjau tiga buah akselerogram dari gempa yang berbeda dan salah satunya adalah diambil akselerogram Gempa El-centro N-S yang telah direkam pada tanggal 15 mei 1940 di California. Faktor skala yang di gunakan dapat dilihat pada persamaan 2.3.

$$\text{Faktor skala yang digunakan} = \frac{PGA \text{ kota}}{PGA \text{ gempa}}$$

(2.3)

2.4 Respons Spektrum

Untuk mendapatkan data Respons Spektrum yang digunakan dalam merencanakan gempa, dapat mengunjungi *website* Pusat Penelitian dan Pengembanagn Permukiman yaitu http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/. Data yang dimasukkan dalam *website* tersebut adalah lokasi bangunan dan jenis tanahnya. Dengan data lokasi bangunan gedung di kota Bandung dan jenis tanahnya sedang. Faktor skala yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 2.4.

$$\text{Faktor skala yang digunakan} = g \times \frac{I_e}{R}$$

(2.4)

dimana:

g = percepatan gravitasi (m/s^2),

I_e = faktor keutamaan gempa, dicantumkan pada Tabel 2.2,

R = koefisien modifikasi respons, dicantumkan pada Tabel 2.3.

2.5 Standar yang Digunakan dalam Penelitian

Standar yang digunakan dalam penelitian Analisis Pengaruh Pola Penempatan *fluid viscous damper* Terhadap Respons Struktur Gedung 12 Lantai adalah sebagai berikut:

- a. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2012).
- b. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013).
- c. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2013).

2.6 Data yang Digunakan dalam Penelitian

Data yang diperlukan dalam penelitian Analisis Pengaruh Pola Penempatan *Fluid Viscous Damper* Terhadap Respons Struktur Gedung 12 Lantai adalah sebagai berikut:

2.6.1 Pembebanan

Pembebanan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 tentang Beban minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Beban yang digunakan antara lain:

a. Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Pemilihan beban hidup pada perencanaan struktur adalah berdasarkan dari fungsi bangunannya. Beban hidup yang digunakan dalam penelitian ini adalah beban hidup yang digunakan untuk bangunan perkantoran.

b. Beban Mati (DL)

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat bangunan, termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengannya. Beban mati yang diperhitungkan terdiri dari:

- a. Berat kolom sendiri.
- b. Berat balok sendiri.
- c. Berat pelat lantai

c. Beban Mati Tambahan (SDL)

Beban mati tambahan adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi. Berat dari elemen-elemen ini pada umumnya dapat ditentukan dengan mudah dengan derajat ketelitian cukup tinggi. Perhitungan besaran beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen.

d. Beban Gempa (EQ)

Beban gempa adalah semua beban *static equivalent* yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik,

maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya – gaya dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

e. Beban Atap (R)

Beban atap adalah beban yang terjadi pada atap bangunan. Beban atap terjadi ketika atap bangunan yang direncanakan sesuai dengan fungsi bangunannya.

2.6.2 Kombinasi Pembebanan

Beban yang akan bekerja pada struktur adalah beban mati, beban hidup, beban mati tambahan dan beban gempa. Kombinasi pembebanan ultimate pada gedung yang direncanakan berdasarkan SNI 1727:2013, dapat dilihat pada persamaan 2.5, 2.6, 2.7 dan 2.8.

$$1. 1,4 D$$

$$(2.5)$$

$$2. 1,2 D + 1,6 L_{1,2}$$

$$(2.6)$$

$$3. (1,2 + 0,2)D + \rho QE + L$$

$$(2.7)$$

$$4. (0,9 - 0,2)D + \rho QE$$

$$(2.8)$$

2.6.3 Kategori Risiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko bangunan dan faktor keutamaan gempa berdasarkan SNI 1726:2012 dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2**.

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

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"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - 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 	II

<ul style="list-style-type: none"> - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, 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 yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, 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 dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan 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 - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, 	IV

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	
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, [I_e]
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

2.6.4 Pemilihan Sistem Struktur

Pemilihan sistem struktur yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 1726:2012 tentang Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non-Gedung yang dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 R , C_d untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

No	Sistem Penahan-gaya seismik	Koefisien Modifikasi Respons [R]	Faktor Pembesaran Defleksi [C_d]
Sistem rangka pemikul momen			
1	Rangka baja pemikul momen khusus	8	5,5
2	Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	5,5
3	Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	4
4	Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3
5	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	5,5
6	Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	4,5
7	Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	2,5
8	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	5,5
9	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	4,5
10	Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	5,5
11	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	2,5

12	Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3,5	3,5
----	--	-----	-----

2.6.5 Periode Fundamental Pendekatan

Berdasarkan SNI 1726:2012, Periode fundamental pendekatan batas bawah ditentukan dengan Persamaan 2.9.

$$T_{a \text{ minimum}} = C_t \times h_n^x \quad (2.9)$$

dimana:

C_t = nilai koefisien berdasarkan Tabel 2.5,

h_n^x = tinggi struktur bangunan (m).

Periode fundamental pendekatan batas atas ditentukan dengan Persamaan 2.10

$$T_{a \text{ maksimum}} = C_u \times T_{a \text{ minimum}} \quad (2.10)$$

dimana:

C_u = nilai koefisien berdasarkan **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 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

Tabel 2.5 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan

x

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

2.6.6 Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012 gaya geser seismik dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 2.11.

$$V = C_s \times W \quad (2.11)$$

dimana:

C_s = koefisien respons seismik,

W = berat seismik efektif (kN).

Koefisien respons seismik, C_s hitung harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 2.12.

$$C_{s \text{ hitung}} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.12)$$

dimana:

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

R = koefisien modifikasi respon, dicantumkan pada Tabel 2.3,

I_e = faktor keutamaan gempa, dicantumkan pada Tabel 2.2.

Nilai C_s yang dihitung sesuai Persamaan 2.12 tidak boleh lebih dari Persamaan 2.13.

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.13)$$

dimana:

S_{D1} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode 1 detik.

Nilai C_s yang dihitung sesuai Persamaan 2.12 tidak boleh kurang dari Persamaan 2.14.

$$C_s = 0,044S_{DS}I_e \geq 0,01 \quad (2.14)$$

2.6.7 Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2012 nilai simpangan antar lantai izin harus lebih besar dari selisih defleksi terbesar antar lantai. Persamaan defleksi pusat massa dapat dilihat pada Persamaan 2.15.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (2.15)$$

dimana:

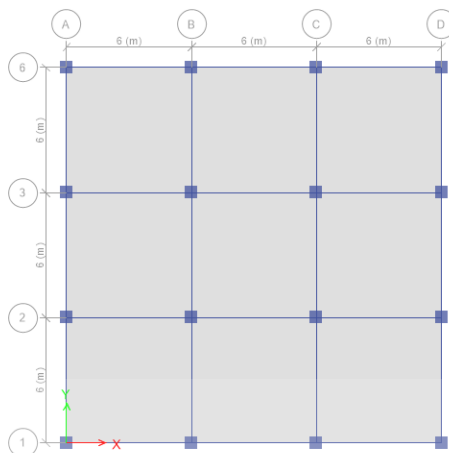
C_d = faktor pembesaran defleksi, dicantumkan pada Tabel 2.3,

δ_{xe} = perpindahan maksimum pada lokasi lantai yang ditinjau (mm),

I_e = faktor keutamaan gempa dapat, dicantumkan pada Tabel 2.2.

2.7 Pemodelan Struktur

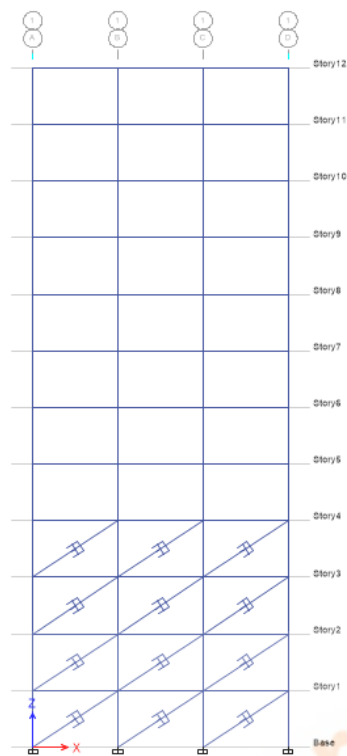
Permodelan struktur akan dimodelkan pada gedung tinggi tingkat 12 dengan 3 jenis model dan jumlah peredam yang sama yaitu 24 buah tetapi dengan pola peletakan peredam yang berbeda.



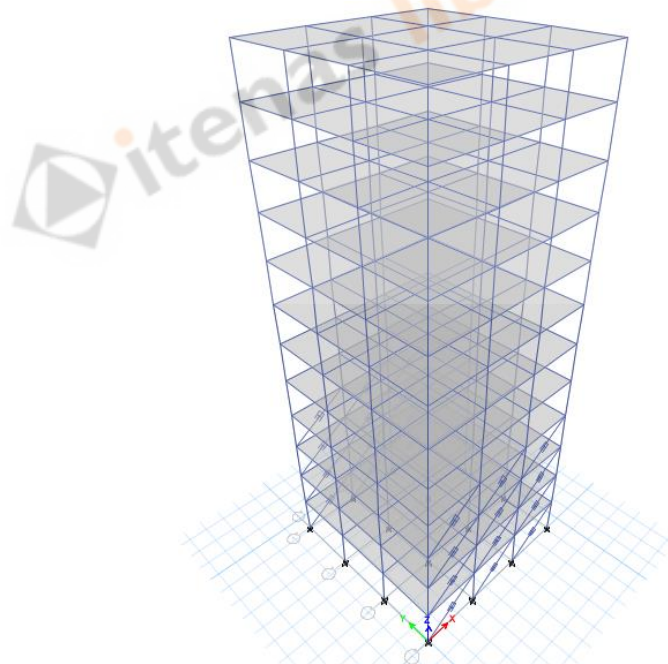
Gambar 2.6 Denah Gedung Tinggi 12 Lantai

2.7.1 Model Penempatan FVD Pola A

Penempatan FVD Pola A dipasang pada lantai 1 sampai lantai 4 dalam arah ZX di kedua sisi terluar dengan jumlah FVD-750 sebanyak 24 buah.



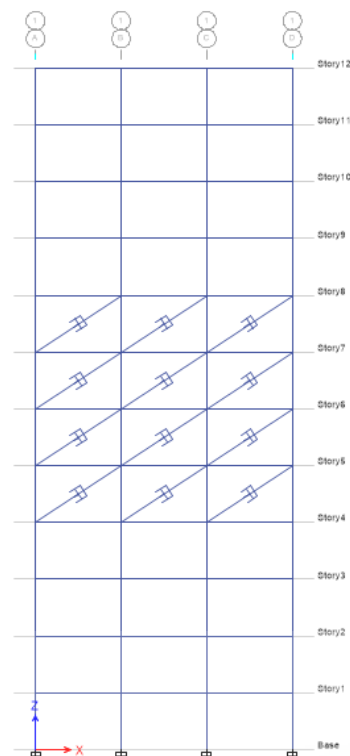
Gambar 2.7 Penempatan FVD Pola A



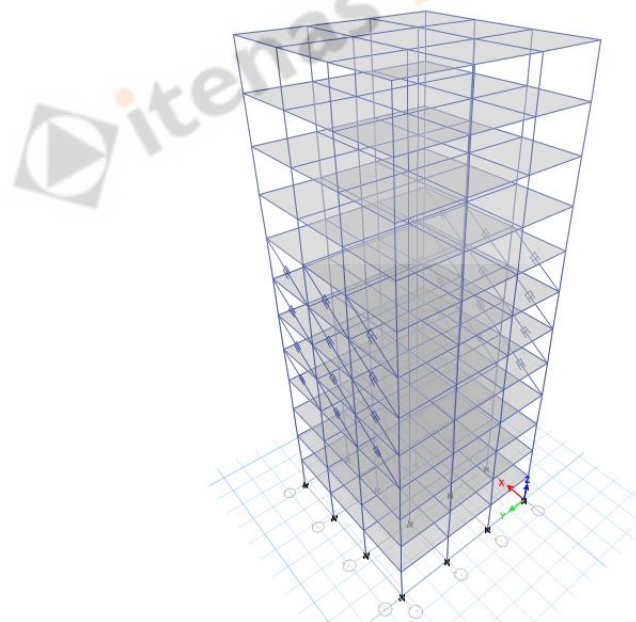
Gambar 2.8 Bentuk 3-D Penempatan FVD Pola A

2.7.2 Model Penempatan FVD Pola B

Penempatan FVD Pola B dipasang pada lantai 5 sampai lantai 8 dalam arah ZX di kedua sisi terluar dengan jumlah FVD-750 sebanyak 24 buah.



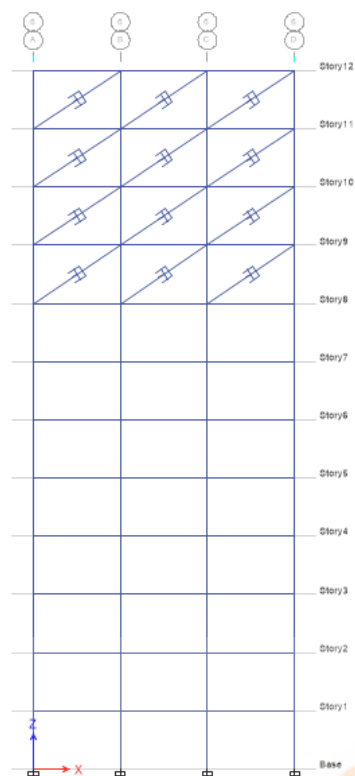
Gambar 2.9 Penempatan FVD Pola B



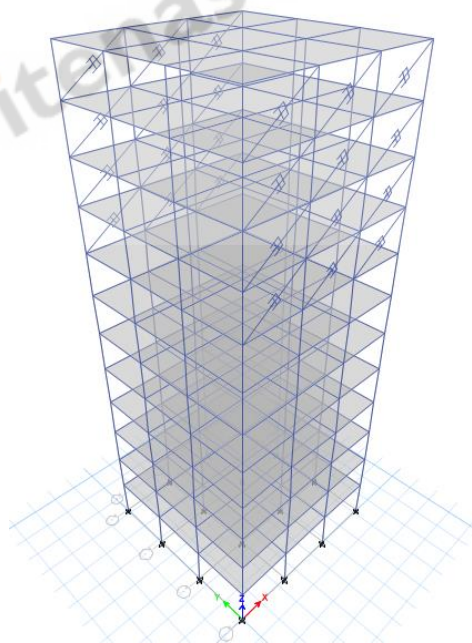
Gambar 2.10 Bentuk 3-D Penempatan FVD Pola B

2.7.3 Model Penempatan FVD Pola C

Penempatan FVD Pola C dipasang pada lantai 9 sampai lantai 12 dalam arah ZX di kedua sisi terluar dengan jumlah FVD-750 sebanyak 24 buah.



Gambar 2.11 Penempatan FVD Pola C



Gambar 2.12 Bentuk 3-D Penempatan FVD Pola