BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1 Umum

Sebagai daerah yang dilalui *Ring of Fire* atau deretan gunung berapi sebagai akibat dari patahan lempeng bumi yang menjulur dari utara hingga selatan bumi, Indonesia menjadi negeri dengan wilayah yang rentan akan terjadinya gempa bumi. Gempa bumi tektonik maupun vulkanik kerap terjadi di wilayah Indonesia. Oleh karena itu, perlu dibangun struktur yang mampu menahan gempa. Adapun filosofi bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut.

1. Bila 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. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak.
3. Bila 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.

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 berprilaku 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.

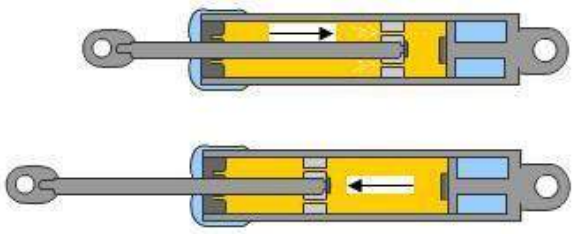
3. *Survival*

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

2.2 Prinsip Sistem *Fluid Viscous Damper* (FVD)

Alat peredam gempa yang cukup terkenal dan banyak diaplikasikan pada struktur bangunan, adalah *Fluid Viscous Damper* (FVD). Fungsi utama dari peralatan ini adalah menyerap energi gempa dan mengurangi gaya gempa rencana yang dipikul elemen-elemen struktur. Sehingga, struktur bangunan menjadi lebih elastis dan mampu meredam guncangan gempa. Dengan mengaplikasikan peralatan FVD, gempa rencana yang dipikul elemen struktur menjadi lebih kecil. Sehingga, dengan kondisi tersebut diharapkan tidak terjadi kerusakan struktur bangunan ketika gempa terjadi.

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 *fluid*a dalam mendispasikan energi.



Gambar 2.1 Skema Kerja FVD

(Sumber: www.libraryeasy.com)

Pada perkuatan FVD, kolom berfungsi sebagai pegas. FVD mampu mereduksi tegangan dan defleksi yang terjadi secara simultan (bersamaan) karena gaya FVD yang bekerja sebanding dengan perubahan kecepatan *stroke*-nya (*stroking velocity*). Mekanisme kerja ini, dianalogikan seperti suspensi atau *shock absorbser* pada mobil, yang digunakan untuk mengatur pergerakan pegas di posisi tumpuan. Gaya redaman yang dibutuhkan relatif kecil, dibandingkan gaya yang dipikul pegas, akibat beban kendaraan dan beban guncangan.

Jika pada struktur dipasang FVD, 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 kecepatan *stroke* menjadi maksimum atau gaya redamannya menjadi maksimum. Pada posisi kolom normal, tegangan kolom adalah minimum. Dengan demikian, penggunaan FVD sebagai alat peredam struktur tidak akan meningkatkan beban pada kolom akibat gaya yang dikeluarkan FVD, karena saat terjadi gempa dan gaya *damper* maksimum, tegangan kolom justru minimum.

Adapun kelebihan FVD, yaitu:

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

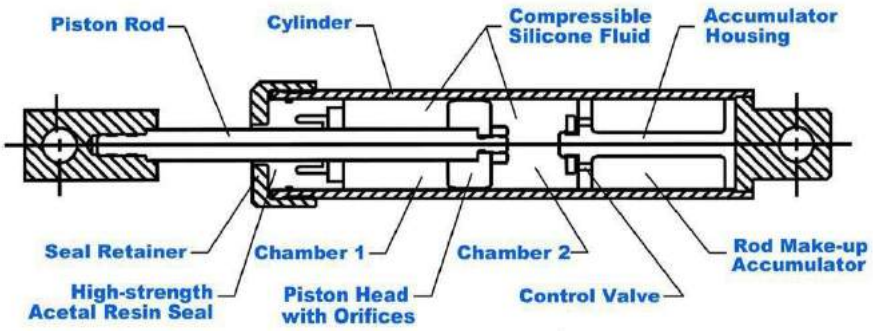
Gambar 2.2 *Fluid Viscous Damper* yang Diaplikasikan pada Bangunan

itenas library

(Sumber: staaleng.com)

2.2.1 Bagian-Bagian *Fluid Viscous Damper*

Elemen desain penting dari *Fluid Viscous Damper* relatif sedikit. Namun, rincian dari elemen-elemen ini dalam beberapa hal bisa jadi sulit sekaligus kompleks. Gambar 3.4 menggambarkan *fluid damper* dan bagian-bagiannya.



Gambar 2.3 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 *damper* 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 *flashpoint* lebih dari 340° C. Cairan *silicone* yang digunakan pada *damper* ini sebenarnya identik dengan *silicone* yang umum digunakan dalam kosmetik seperti krim tangan dan wajah.

4. ***Seal***

Seal yang digunakan pada *fluid 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 efektif membagi *cylinder* kedalam dua ruang tekan.

6. ***Seal Retainer***

   Digunakan untuk menutup dan membuka ujung silinder.

7. ***Accumulator***

   Fungsi dari *accumulator* adalah untuk mengontrol laju pergerakan *piston rod* masuk dan keluar *damper* selama bekerja. Fungsi lainnya adalah untuk menyeimbangkan temperatur dan penyusutan cairan.

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.

$$K = \frac{AE}{L} \tag{2.1}$$

Dimana:

K = kekakuan FVD (kg/m)

A = luas selimut FVD (m^2)

E = modulus elastisitas (kg/m^2)

L = panjang FVD (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.

$$F_d = Cx^{\alpha} \tag{2.2}$$

Dimana:

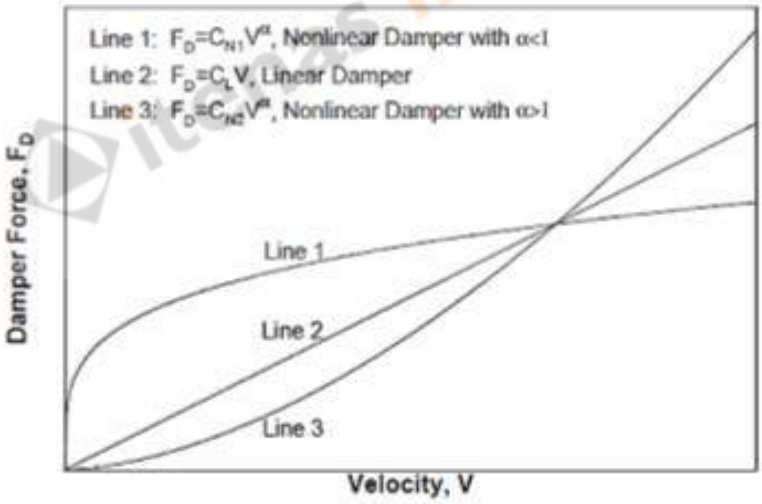
F_d = gaya peredam

C = konstanta peredam

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 α = 1, disebut viscous damper linier yang mana gaya peredam berbanding lurus dengan kecepatan, sedangkan damper dengan α > 1 dan α < 1 disebut viscous damper non-linier, yang efektif untuk meminimalkan guncangan dengan kecepatan tinggi.



Gambar 2.4 Grafik Hubungan Gaya Peredam dengan Kecepatan Peredam

(Sumber: Jenn-Shin Hwang, 2001)

2.3 Metode Analisis Dinamis

Analisis dinamis untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur,

analisis dinamis dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis. Pada cara elastis dibedakan menjadi Analisis Ragam Spektrum Respons (*Response Spectrum Modal Analysis*) dan Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*). Sedangkan pada analisis dinamis inelastis, untuk mendapatkan respons struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat digunakan cara integrasi langsung (*Direct Integration Method*).

2.3.1. Analisis Ragam Spektrum Respons (*Response Spectrum Modal Analysis*)

Spektrum respon adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T, lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*spectrum displacement*, SD), kecepatan maksimum (*spectrum velocity*, SV), percepatan maksimum (*spectrum acceleration*, SA) atau massa struktur (*single degree freedom*, SDOF). Terdapat dua macam respon spektrum yang ada yaitu spektrum elastik dan spektrum inelastik. Spektrum elastik adalah suatu spektrum yang didasarkan atas respon elastik struktur, sedangkan spektrum inelastik (juga disebut desain spektrum respon) adalah spektrum yang di *scale down* dari spektrum elastic dengan nilai daktilitas tertentu. Nilai spektrum dipengaruhi oleh periode getar, rasio redaman, tingkat daktalitas dan jenis tanah.

Secara umum yang paling sering dipakai adalah spektrum akselerasi. Pada Analisis Ragam Spektrum Respons, respons maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari Spektrum Respons Rencana (*Design Spectra*). Nilai *scale factor* untuk analisis menggunakan respon spektrum dapat dilihat pada Persamaan 2.3.

$$Scale\ Factor = g\ x\ \frac{I}{R} \tag{2.3}$$

Dimana:

g = percepatan gravitasi (m/det^2)

R = koefisien modifikasi respons

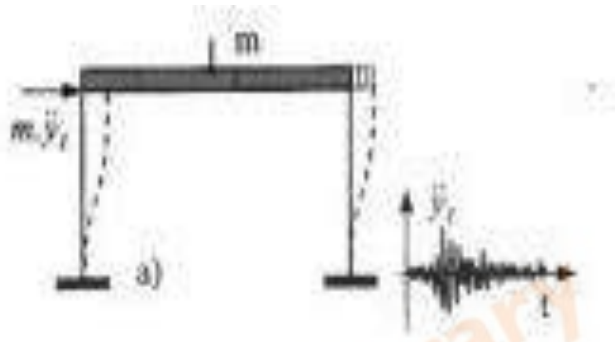
2.3.2. Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*)

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.

Dalam analisis ini digunakan hasil rekaman akselerogram gempa sebagai input data percepatan gerakan tanah akibat gempa. Rekaman gerakan tanah akibat gempa diambil dari akselerogram gempa terdahulu. Nilai *scale factor* untuk analisis *time history* dapat dilihat pada Persamaan 2.4.

$$Scale\ Factor = \frac{PGA\ Kota}{PGA\ Gempa\ Acuan} \tag{2.4}$$



Gambar 2.5 Model Perancangan Struktur dengan Metode Analisis Dinamis

2.4 Data pada Analisis Struktur

Data yang diperlukan untuk analisis struktur pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

2.4.1. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012, kategori risiko bangunan gedung dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan faktor keutamaan gempa dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 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 : - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I

Tabel 2.1 (lanjutan) Kategori Risiko Bangunan Gedung dan non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 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 : - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi 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.	III

itenas library

Tabel 2.1 (lanjutan) Kategori Risiko Bangunan Gedung dan non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk : - 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 Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	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

2.4.2. Sistem Struktur

Berdasarkan SNI 1726:2012, koefisien modifikasi respons dan faktor pembesaran defleksi menurut sistem penahan gaya gempa yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 R dan C_d untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

No	Sistem Penahan Gaya Gempa	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

2.4.3. Periode Fundamental Pendekatan (T_a)

Berdasarkan SNI 1726:2012, Periode fundamental pendekatan batas bawah dapaat ditentukan dengan Persamaan 2.5.

$$T_{a\ minimum} = C_t \times h_n^x \tag{2.5}$$

Dimana:

C_t = nilai koefisien batas bawah berdasarkan Tabel 2.4

h_n^x = tinggi struktur bangunan (m)

Tabel 2.4 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

itenas library

Berdasarkan SNI 1726:2012, Periode fundamental pendekatan batas atas dapat ditentukan dengan Persamaan 2.6.

$$T_{a\ maksimum} = C_u \times T_{a\ minimum} \tag{2.6}$$

Dimana:

C_u = nilai koefisien berdasarkan Tabel 2.5

Tabel 2.5 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	**Koefisen C_u**
≥ 0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤ 0,1	1,7

2.4.4. Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012, gaya geser seimik dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Persamaan 2.7.

$$V = C_s \times W \tag{2.7}$$

Dimana:

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif (kN)

Koefisien respons seismik, C_s hitung dapat ditentukan dengan Persamaan 2.8.

$$C_{S\ hitung} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \tag{2.8}$$

Dimana:

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

R = koefisien modifikasi respon, berdasarkan Tabel 2.3

I_e = faktor keutamaan gempa, berdasarkan Tabel 2.2

Nilai C_s yang dihitung tidak boleh lebih dari Persamaan 2.9.

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \tag{2.9}$$

Nilai C_s yang dihitung tidak boleh kurang dari Persamaan 2.10.

$$C_s = 0{,}044 S_{DS} I_e \geq 0{,}01 \tag{2.10}$$

2.4.5. 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 2.11.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \tag{2.11}$$

Dimana:

δ_x = perpindahan maksimum pada lokasi lantai setelah terjadi pembesaran (mm)

C_d = faktor pembesaran defleksi, berdasarkan Tabel 2.3

δ_{xe} = perpindahan maksimum pada lokasi lantai yang ditinjau, berdasarkan analisis *output* dari program ETABS v.15.2.2 (mm)

I_e = faktor keutamaan gempa dapat, dicantumkan pada Tabel 2.2

Perhitungan untuk medapatkan simpangan antar lantai desain dapat dilihat pada Persamaan 2.12.

$$\Delta = \delta_{x_n} - \delta_{x_{n-1}}$$

Dimana:

Δ = simpangan antar lantai desain (mm)

Simpangan antar lantai desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin. Persamaan untuk perhitungan simpangan antar lantai izin didasarkan pada kategori risiko dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Simpangan Antar Lantai Izin (Δ_a)

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	$0{,}025h_{sx}$	$0{,}020h_{sx}$	$0{,}015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0{,}010h_{sx}$	$0{,}010h_{sx}$	$0{,}010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0{,}007h_{sx}$	$0{,}007h_{sx}$	$0{,}007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0{,}020h_{sx}$	$0{,}015h_{sx}$	$0{,}010h_{sx}$

2.5 Studi Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian mengenai *Fluid Viscous Damper* telah dilakukan. Salah satunya adalah penelitian yang berjudul Analisis Pengaruh Pola Penempatan *Fluid*

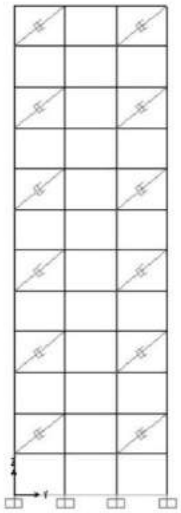
Viscous Damper terhadap Struktur Gedung Akibat Gaya Gempa. Pada penelitian tersebut, penulis menyajikan studi efektifitas penempatan FVD (*Fluid Viscous Damper*) pada bangunan bertingkat yaitu struktur rangka 12 lantai, dalam mereduksi respons struktur terhadap beban gempa. Adapun tujuan dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

1. Menghitung momen, gaya lintang, gaya normal, dan perpindahan antar lantai akibat gaya gempa pada bangunan tersebut.
2. Membandingkan pada pola penempatan mana yang menghasilkan respons struktur lebih kecil.

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian tersebut adalah efektifitas penempatan FVD (*Fluid Viscous Damper*) pada struktur portal beton, dimana akan diperoleh perbandingan respons struktur pada bangunan yang menggunakan FVD dengan 3 (tiga) pola penempatan yang berbeda. Untuk simulasi gempa, akan digunakan analisis dinamik riwayat waktu. Pada struktur ini digunakan accelerogram gempa El-Centro yang telah direkam pada 15 Mei 1940.

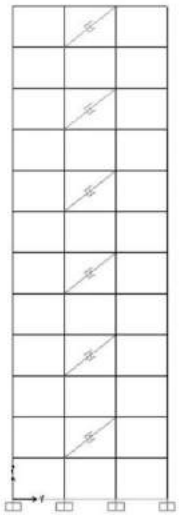
Pada pola 1, *damper* dipasang pada dua bentang tepi. Sehingga ada 8 *damper* pada setiap lantai yang dipasangi *damper*. Lantai 2, 4, dan 6 dipasangi FVD-750 dan lantai 8, 10, dan 12 dipasangi FVD-1500. Hal ini dikarenakan gaya gempa bekerja lebih besar pada lantai atas. Bentuk ini umum digunakan pada bangunan seperti hotel. Mengingat *Fluid Viscous Damper* menghasilkan *damping force* ketika dalam posisi tekan atau dengan kata lain ketika *piston* menekan *head* sampai *fluid* berpindah ruang, maka dengan pola ini, dua *damper* bekerja pada arah yang sama pada waktu bersamaan, dan melepaskan gaya juga pada waktu bersamaan, sehingga pola ini cenderung memperkuat satu arah saja.

Itenas Library



Gambar 2.6 Pola 1

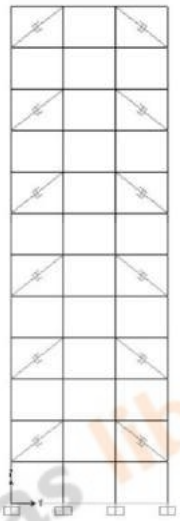
Pada pola 2, *damper* dipasang pada dua bentang tengah saja. Sehingga ada 4 *damper* pada setiap lantai yang dipasangi *damper*. Lantai 2, 4, dan 6 dipasangi FVD-750 dan lantai 8, 10, dan 12 dipasangi FVD-1500. Pemilihan bentang tengah karena *bracing* pada bentang tengah dianggap lebih stabil dibanding dengan *bracing* pada salah satu bentang tepi. Pemilihan pola ini dengan asumsi bahwa simpangan yang akan dihasilkan memang lebih besar dibanding pola 1, namun akan dilihat apakah dengan pola ini bisa menghasilkan simpangan sesuai batas izin.



Gambar 2.7 Pola 2

Pada pola 3, *damper* dipasang pada dua bentang tepi namun dengan arah diagonal berlawanan. Ada 8 *damper* pada setiap lantai yang dipasangi *damper*. Lantai 2, 4, dan 6 dipasangi FVD-750 dan lantai 8, 10, dan 12 dipasangi FVD-1500. Perbedaan pola 3

dengan pola 1 adalah pada proses pembentukan gaya damping oleh *fluid viscous damper*. Jika pada pola satu, dua *damper* menghasilkan dan melepaskan gaya damping pada waktu bersamaan, maka pada pola 3 ini, dua *damper* bekerja berlawanan. Pada saat *fluid damper* pertama menekan cairan sehingga berpindah ruang yang diikuti dengan gesekan antara semua elemen *damper* dan menghasilkan gaya damping dalam prosesnya, *fluid damper* yang kedua bekerja sebaliknya, yakni posisi tarik. Maka diasumsikan pola ini akan memberi pengaruh yang sama untuk kedua arah.



Gambar 2.8 Pola 3

Dengan *damping* tambahan yang sama, pola 1 dan 3 memiliki periode yang sama dan respon simpangan yang berbeda. Simpangan dengan pola 3 lebih kecil dibandingkan dengan pola 1, hal ini bisa disebabkan oleh cara kerja FVD itu sendiri, yang bergantung pada kecepatan, sehingga walaupun unit *damper* yang ditambahkan ke kedua struktur sama, tapi karena polanya berbeda sehingga menghasilkan redaman yang berbeda walaupun secara analisitis redaman tambahannya sama, seperti perhitungan di atas. Dalam analisis SAP bisa diasumsikan hal ini terjadi karena penempatan *damper* berperilaku seperti bresing sehingga pola 1 dan pola 2 menghasilkan response yang berbeda.

Dari analisis dengan program SAP 2000 pada bangunan 12 lantai, maka didapat hasil sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis dan perhitungan didapatkan simpangan maksimum struktur yang tidak menggunakan *damper* adalah 138.425 mm. Sedangkan struktur yang

menggunakan *damper* dengan pola 1 adalah 70.24 mm, dengan pola 2 adalah 82.621 dan dengan pola 3 adalah 53.466 mm.

2. Dari hasil analisis dan perhitungan didapatkan kinerja batas layan (Δs) maksimum struktur yang tidak menggunakan *damper* adalah 17.082 mm. Sedangkan struktur yang menggunakan *damper* dengan pola 1 adalah 10.124 mm, dengan pola 2 adalah 11.609 dan dengan pola 3 adalah 8.016 mm.
3. Dari hasil analisis dan perhitungan didapatkan momen maksimum pada kolom struktur yang tidak menggunakan *damper* adalah 1600.334 kNm. Sedangkan struktur yang menggunakan *damper* dengan pola 1 adalah 953.7604 kNm, dengan pola 2 adalah 927.3036 kNm dan dengan pola 3 adalah 953.2587 kNm.
4. Dari hasil analisis dan perhitungan didapatkan momen maksimum pada balok struktur yang tidak menggunakan *damper* adalah 808.6862 kNm. Sedangkan struktur yang menggunakan *damper* dengan pola 1 adalah 536.7817 kNm, dengan pola 2 adalah 544.9662 kNm dan dengan pola 3 adalah 535.6141 kNm.
5. Dari hasil analisis dan perhitungan didapatkan gaya lintang maksimum pada kolom struktur yang tidak menggunakan *damper* adalah 486.826 kN. Sedangkan struktur yang menggunakan *damper* dengan pola 1 adalah 285.727 kN, dengan pola 2 adalah 277.467 kN dan dengan pola 3 adalah 285.576 kN.
6. Dari hasil analisis dan perhitungan didapatkan gaya lintang maksimum pada balok struktur yang tidak menggunakan *damper* adalah 331.037 kN. Sedangkan struktur yang menggunakan *damper* dengan pola 1 adalah 222.497 kN, dengan pola 2 adalah 225.681 kN dan dengan pola 3 adalah 222.04 kN.
7. Dari hasil analisis dan perhitungan didapatkan gaya normal maksimum pada struktur yang tidak menggunakan *damper* adalah 5345.417 kN. Sedangkan struktur yang menggunakan *damper* dengan pola 1 adalah 4170.268 kN, dengan pola 2 adalah 4410.251 kN dan dengan pola 3 adalah 4210.493 kN.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa ketiga pola penempatan *damper* menghasilkan simpangan yang lebih kecil dibanding struktur tanpa *damper*. Dan diantara ketiga pola, pola 3 menghasilkan simpangan yang paling kecil.

itenas library