

BAB III

LANDASAN TEORI

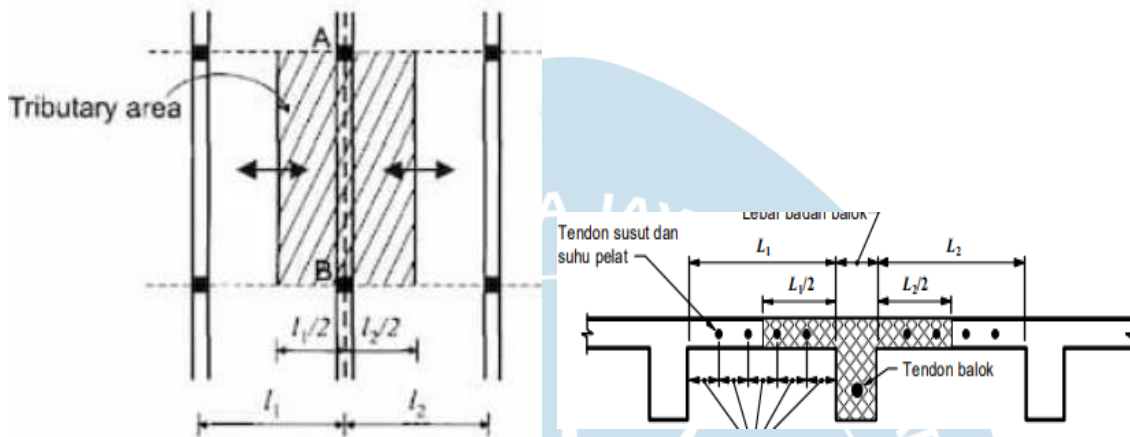
3.1 Seismostruct

Program yang digunakan pada penelitian ini adalah aplikasi buatan dari perusahaan aplikasi teknik *seismosoft*. *Seismosoft* didirikan pada tahun 2002, di mana tujuan dari perusahaan ini untuk komunitas teknik dapat mengakses ke *software* canggih dalam analisis gempa. Produk yang dihasilkan dari perusahaan *seismosoft* berupa *seismobuild*, *seismostruct*, *seismoselect*, *seismosignal*, *seismomatch*, *seismoartif*, dan *seismospect*, pada penelitian ini menggunakan produk *seismosoft* yaitu *seismostruct*. *Seismostruct* merupakan salah satu aplikasi pemenang penghargaan dalam penganalisis *finite element* (elemen hingga), penghargaan tersebut diberikan untuk kemampuan program dalam memprediksi perilaku perpindahan pada struktur saat pembebanan statis atau dinamis dengan mempertimbangkan ke tidak beraturan geometri dan material inelastis. (www.seismosoft.com diakses 2021)

3.2 Tributary area

Struktur pada bangunan umum terdapat elemen kolom, balok, dan pelat lantai di mana plat lantai merupakan daerah kolektor pada balok maupun kolom (*flat slab* struktur) dan balok merupakan elemen kolektor pada kolom. (*frame structure*). Pada penelitian ini daerah kolektor adalah elemen pelat lantai yang di mana beban pada elemen tersebut akan ditransfer pada elemen balok. *Tributary area* adalah luasan daerah layan dari elemen yang menerima transfer beban pada elemen

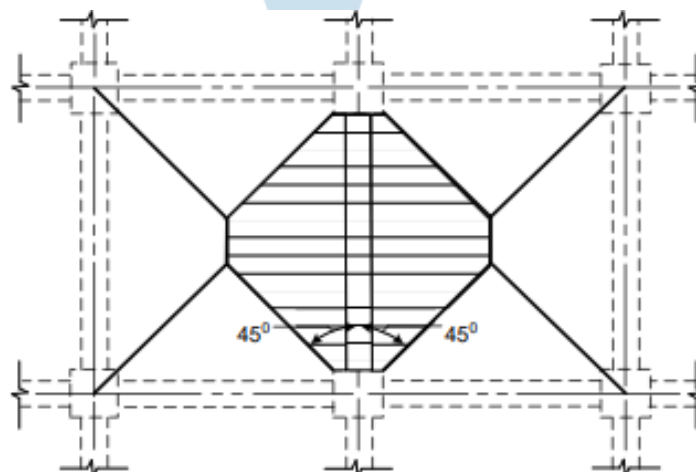
kolektor, pada kasus penelitian ini berupa daerah layan elemen balok pada elemen pelat lantai.



Gambar 3.1 Tributary Area

3.2.1 Daerah Tributary Area

Tributary area pada medel struktur *frame* dapat dibagi menjadi bentuk trapesium dan segitiga seperti pada Gambar 3.2. Pembagian sudut untuk segitiga dan trapesium terbagi rata yaitu 45° derajat, pembagian ini diambil dari SNI 2847: 2019. Pembagian sudut pada bentuk segitiga dan trapesium dapat dilihat pada Gambar 3.2, Pembagian bentuk trapesium terdapat pada sisi yang lebih panjang dibanding sisi segitiga.

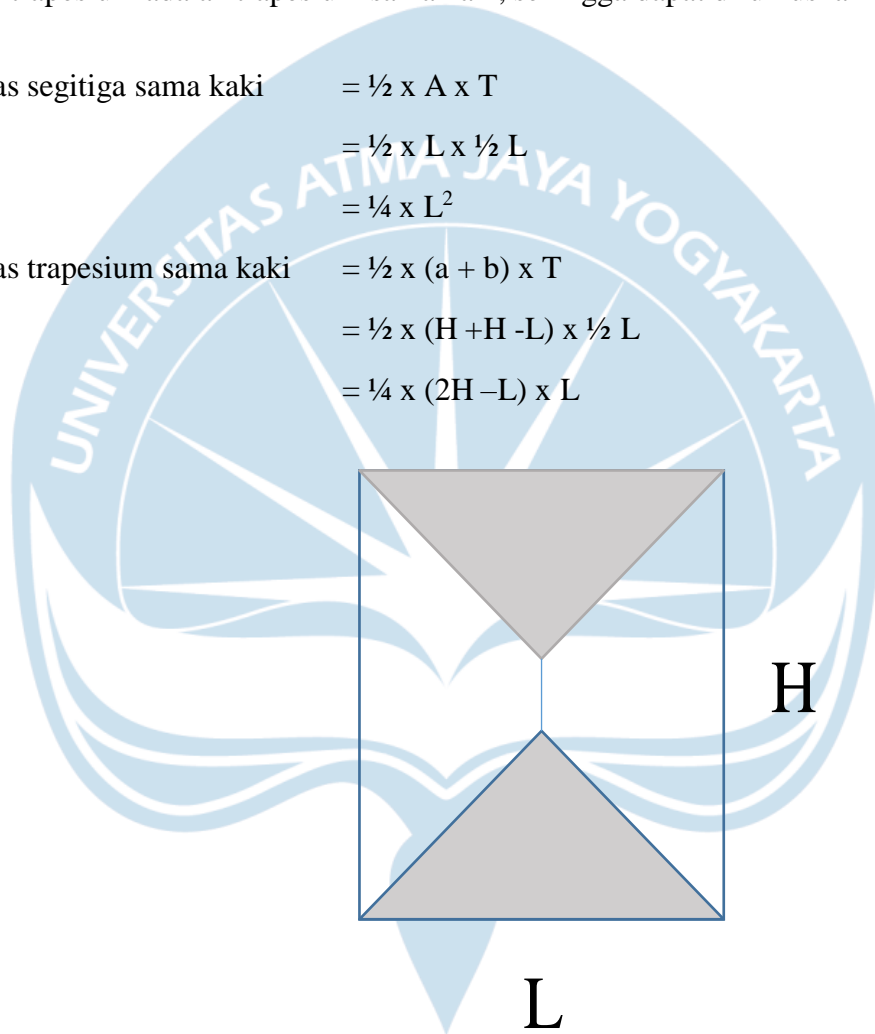


Gambar 3.2 Pembagian Besar Tributary Area

Pembagian tersebut dapat dirumuskan seperti persamaan (3-1) dan persamaan (3-2), hal ini dikarenakan pembagian dari sudut trapesium dan segitiga sebesar 45° derajat, sehingga bentuk segitiga adalah segitiga sama kaki siku siku dan trapesium adalah trapesium sama kaki, sehingga dapat dirumuskan menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Luas segitiga sama kaki} &= \frac{1}{2} \times A \times T \\ &= \frac{1}{2} \times L \times \frac{1}{2} L \\ &= \frac{1}{4} \times L^2 \end{aligned} \quad (3-1)$$

$$\begin{aligned} \text{Luas trapesium sama kaki} &= \frac{1}{2} \times (a + b) \times T \\ &= \frac{1}{2} \times (H + H - L) \times \frac{1}{2} L \\ &= \frac{1}{4} \times (2H - L) \times L \end{aligned} \quad (3-2)$$



Gambar 3.3 Pembagian *Tributary Area*

3.3 **Beban**

3.3.1 Kombinasi Beban

Kombinasi beban merupakan pergabungan dari beban-beban yang bekerja pada struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi yang didesain untuk kuat menahan kuat rencana dan atau lebih, menurut SNI-1726 tahun 2019. Berikut adalah beban kombinasi tersebut menurut SNI-1726 tahun 2019 pasal 4.2.3.1

1. D
2. D + L
3. D + (L_r atau R)
4. D + 0,75L + 0,75(L_r atau R)
5. D + 0,6W
6. D + 0,75(0,6W) + 0,75L + 0,75(L_r atau R)
7. 0,6D + 0,6W

Keterangan

D = beban mati

L = beban hidup

L_r = beban hidup atap

R = beban hujan

W = beban angin

3.3.2 Beban mati

Beban mati adalah beban seluruh struktur mau pun arsitektural yang terpasang pada suatu gedung dan menetap atau menempel pada bangunan atau pun struktur seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga, serta finishing dari tiap komponen struktur. Perhitungan dilakukan dengan menghitung berat dari tiap komponen yang termasuk dalam beban mati.

3.3.3 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban bergerak yang diakibatkan oleh penggunaan pada bangunan atau pada struktur yang tidak termasuk pada beban mati atau beban konstruksi dan tidak termasuk beban yang disebabkan oleh lingkungan seperti beban angin, hujan, gempa dan banjir. Penentuan beban hidup minimum diatur pada SNI- 1727 tahun 2013 pasal 4.3.1. beban minimum yang diatur dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (KN/m ²)	Terpusat Ib (KN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses :		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan :		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	100 (4,79)	
Lantai podium	150 (7,18)	

Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 KN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	
Koridor : Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300(1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in. x1 in. [25 mm x 25 mm])		200(0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/ parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92)	
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) tidak boleh direduksi	
Rumah sakit : Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1000(4,45) 1000(4,45) 1000(4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan : Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	1000(4,45) 1000(4,45) 1000(4,45)

Pabrik : Ringan Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	2000 (8,9) 3000 (13,40)
Gedung perkantoran: Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian Lobi dan koridor lantai pertama Kantor Koridor di atas lantai pertama	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	2000 (8,9) 2000 (8,9) 2000 (8,9)
Lembaga hukum Blok sel Koridor	40 (1,92) 100 (4,79)	
Tempat rekreasi Tempat boling, kolam renang, dan penggunaan yang sama Bangsal dansa dan ruang dansa Gymnasium Tempat menonton baik terbuka atau tertutup Stadium dan tribun/ arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	75 (3,59) 100 (4,79) 100 (4,79) 100 (4,79) 60 (2,87)	
Rumah tinggal Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur Semua ruang kecuali tangga dan balkon Semua hunian rumah tinggal lainnya Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka Ruang publik dan koridor yang melayani mereka Atap Atap datar, berbubung, dan lengkung Atap digunakan untuk taman atap Atap yang digunakan untuk tujuan lain Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka tumpu layar penutup	10 (0,48) 20 (0,96) 30 (1,44) 40 (1,92) 40 (1,92) 100 (4,79) 20 (0,96) 100 (4,79) Sama seperti hunian dilayani 5 (0,24) tidak boleh direduksi 5 (0,24) tidak boleh direduksi dan	200 (0,98)

	berdasarkan luas <i>tributary</i> dari atap yang ditumpu oleh rangka 20 (0,96)	2000 (8,9)
Semua konstruksi lainnya		300(1,33)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dan batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap di atas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		300(1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1000(4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000(4,45)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000(4,45)
Bak-bak/ scutties, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/ jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8000 (35,6)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300
Gudang di atas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)	125 (6,00)	
Ringan	250 (11,97)	
Berat		
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1000(4,45)
Lantain di atasnya	75 (3,59)	1000(4,45)
Grosir, disemua lantai	100 (4,79)	1000(4,45)
Penghalang kendaraan		Lihat pasal 4.5

Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

3.3.4 Beban Gempa

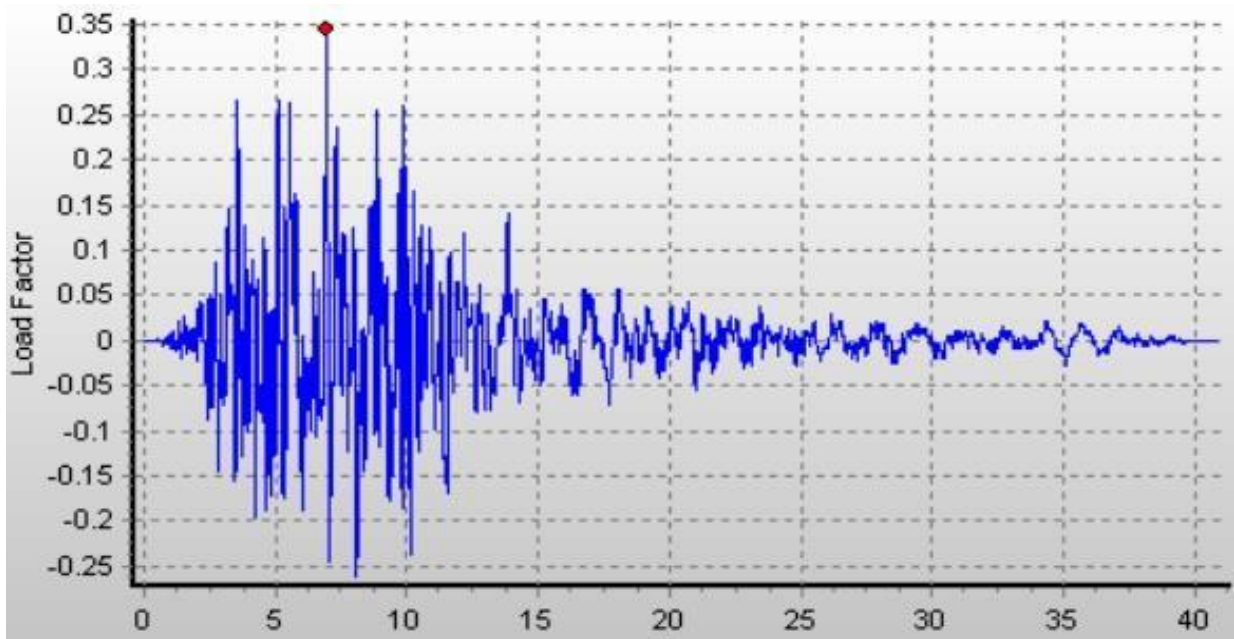
3.3.4.1 Metode Pembebanan Gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada struktur yang di akibatkan oleh pergerakan tanah pada saat gempa bumi, pergerakan tanah tersebut dapat menyebabkan bangunan bergerak ke kiri dan kanan, depan dan belakang, atas dan bawah maupun kombinasi dari semua arah.

Metode pembebanan beban gempa untuk bangunan dapat dilakukan dengan 3 cara secara umum yaitu pembebanan metode *static ekivalen* di mana pembebanan akibat getaran tanah dihitung dahulu dan kemudian dibagi kepada setiap lantai pada bangunan, selanjutnya metode pembebanan respons spektrum di mana pembebanan gempa menggunakan respons tanah saat gempa pada daerah yang diteliti, dan metode terakhir dalam pembebanan gempa adalah metode *time history* (riwayat waktu) di mana menggunakan pembebanan data rekam getar tanah yang telah pernah terjadi dimasa lampau. (ASCE 7-16)

3.3.4.2 Time History

Time history atau riwayat waktu merupakan pembebanan gempa yang bebannya diambil dari respons getaran percepatan tanah (biasanya berskala g) yang sudah pernah terjadi dimasa lampau. Respons getar percepatan tanah tersebut dinamakan akselerograf tanah, lihat Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Akselerograf

sumbu y pada akselerograf merupakan besarnya kuat gempa yang di mana satuannya “g”, besaran tersebut merupakan gravitasi, sehingga menunjukkan berapa persen percepatan getar tanah dengan percepatan gravitasi. Sumbu x menandakan waktu dalam satuan detik.

Analisis dinamik riwayat waktu merupakan permodelan struktur yang diberikan pembebanan catatan rekam gempa yang telah terjadi (akselerotograf) dan perhitungan dilakukan berdasarkan suatu interval waktu tertentu. Perhitungan respon dinamik dilakukan pada permodelan gedung 3 dimensi. Perhitungan yang dilakukan pada setiap interval waktu menggunakan metode integral langsung. (Diredja, N.V., dkk 2009)

Perhitungan menggunakan pembebanan *time history* memerlukan minimal 3 akselerograf yang berbeda, (Syauqi, M., dkk 2017). Pada FEMA 356-2000 penggunaan *time history* dianjurkan menggunakan 7 pembebanan akselerograf yang berbeda dan minimal menggunakan 3 akselerograf.

3.3.4.3 Metode Perhitungan Beban Gempa

Beban gempa dapat dihitung dengan 4 metode perhitungan berdasarkan dari metode pembebanannya. Metode perhitungan linear statis, linear dinamik, non linear statis dan non linear dinamis. Perbedaan pada analisis linear dan non linear terdapat pada permodelan material yang dapat menunjukkan kekuatan material pada daerah inelastis, permodelan struktur yang lebih kompleks di mana perhitungan non linear dapat mempertimbangkan ke tidak beraturan dari suatu struktur, dapat memodelkan redaman dari struktur dan dapat mengidentifikasi kemungkinan distribusi inelastis yang disebabkan material struktur. Perbedaan statis dan dinamis pada pola pembebanannya. Perhitungan linear statis dan linear dinamis menggunakan pembebanan statis ekuivalen, yang membedakannya adalah pada pembebanan statis hanya dilakukan sekali saja. Perbedaan non linear statis dan non linear dinamis adalah pembebanan gempa yang diberikan saat analisis, pembebanan yang digunakan pada non linear statis adalah pembebanan respons spektrum sedangkan pembebanan yang digunakan untuk non linear dinamis adalah pembebanan *time history*.

Pada penelitian yang dilakukan Bagheri, B., dkk tahun 2012, di mana penelitian tersebut bertujuan untuk melihat perbedaan dari pembebanan statis dan dinamis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan hasil *drift* yang dihasilkan oleh analisis statis lebih besar dibanding pembebanan dinamis di mana pembebanan statis yang dimaksud adalah statis ekuivalen. Penganalisisan menggunakan analisis statis tidak dapat menunjukkan hasil yang sebenarnya dari perilaku bangunan sehingga diperlukan pengecekan dengan metode dinamis dikarenakan ketidakmampuan analisis linear statis memodelkan pendistribusian gaya. Analisis menggunakan *time history* dapat memperlihatkan dengan jelas performa bangunan saat terkena beban gempa sehingga kinerja seismik dari suatu gedung dapat terlihat. Perbedaan *drift* yang dihasilkan dari analisis statis dan dinamis pada lantai yang rendah terdapat perbedaan yang tidak signifikan tetapi perbedaan pada lantai yang lebih tinggi seperti pada atap terdapat perbedaan yang signifikan.

3.4 ***Drift***

Drift adalah simpangan yang terjadi pada antar lantai yang disebabkan oleh gaya lateral yang bekerja pada suatu struktur bangunan. Gaya lateral dapat dihasilkan dari beban gempa, beban angin dan beban impak oleh mesin.

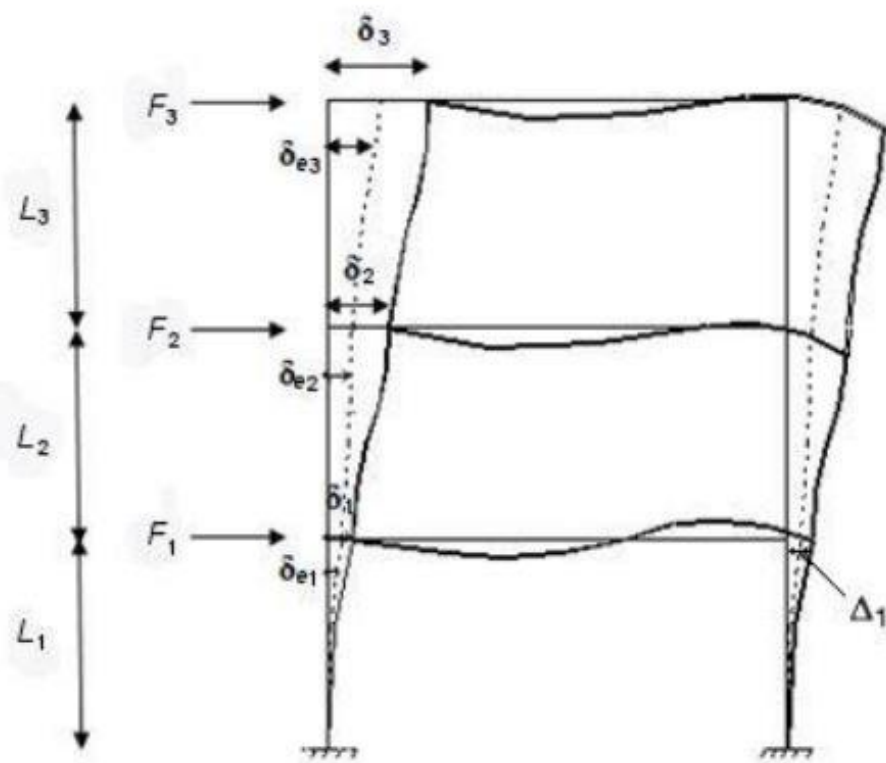
Drift atau simpangan antar tingkat merupakan perpindahan pada arah horizontal di bagian atas tingkat yang ditinjau dengan patokan perpindahan relatif terhadap bagian bawahnya (SNI 1726-2019).

Pada SNI 1726 tahun 2019 terdapat batasan atau simpangan terbesar yang diizinkan antar tingkat, batasan tersebut didasari oleh struktur yang dipakai dan katagori risiko gempa dari struktur tersebut. Simpangan izin dapat dilihat pada Tabel 3.2. Penentuan simpang antar lantai dapat dilihat pada Gambar 3.5

Tabel 3.2 Simpangan Izin Antar Tingkat

struktur	Katagori 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 tingkat	0,025 h	0,020 h	0,015 h
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h	0,010 h	0,010 h
Struktur geser batu bata lainnya	0,007 h	0,007 h	0,007 h
Semua struktur lainnya	0,020 h	0,015 h	0,010 h

h = tinggi tingkat di bawah



Gambar 3.5 Simpangan Antar Lantai

F = gaya gempa desain

δ = perpindahan yang diperbesar

δ_e = perpindahan elastik yang dihitung akibat gaya gempa desain

Δ = simpangan antar tingkat

L =tinggi antar tingkat

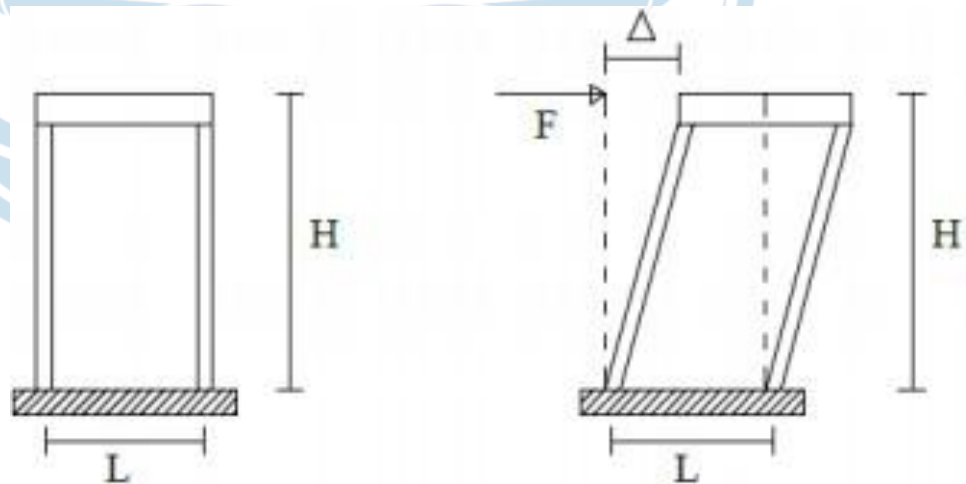
3.4.1 Drift Ratio

Drift ratio atau *drift indeks* merupakan rasio dari simpangan struktur dengan tinggi dari struktur di bawahnya, (Rendra, R., dkk 2015). *Drift ratio* digunakan untuk menentukan *level* kinerja struktur pada metode perhitungan menggunakan desain berbasis kinerja. *Drift ratio* dapat menggunakan persamaan (3- 3).

$$\text{drift ratio} = \frac{\Delta}{H} \quad (3-3)$$

Δ = simpangan antar lantai

H= tinggi tingkat di bawahnya



Gambar 3.6 Drift Ratio