Universitas Pembangunan Jaya

a home base to excellence

Mata Kuliah : Dinamika Struktur & Pengantar Rekayasa Kegempaan
Kode : CIV - 308
SKS : 3 SKS

Peraturan Gempa Indonesia SNI 1726-2012

Pertemuan – 14

Universitas Pembangunan Jaya

a home base to excellence

- TIU :
- Mahasiswa dapat menjelaskan fenomena-fenomena dinamik secara fisik
- Mahasiswa dapat membuat model matematik dari masalah teknis yang ada serta mencari solusinya
- TIK :
  - Mahasiswa dapat mengaplikasikan peraturan SNI 1726-2012 dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa di Indonesia

Universitas Pembangunan Jaya

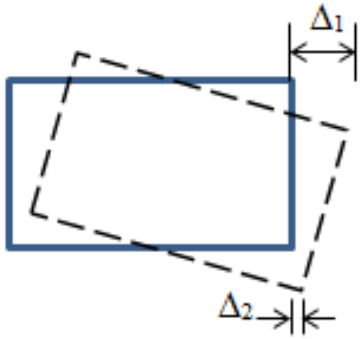
a home base to excellence

- Sub Pokok Bahasan :
  - Ketidakberaturan Struktur Gedung

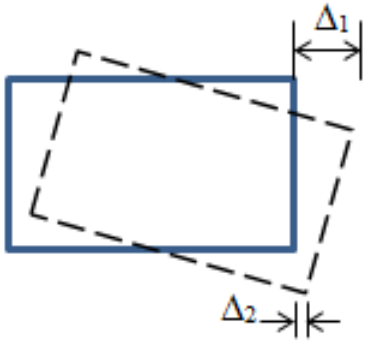
Ketidakberaturan Struktur Gedung

- Suatu struktur bangunan harus diklasifikasikan sebagai suatu struktur bangunan beraturan ataukah tidak beraturan berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan dalam pasal 7.3.2 SNI 1726-2012.
- Ketidakberaturan tersebut dapat dibedakan berdasarkan pada konfigurasi **horizontal** dan **vertikal** dari struktur bangunan tersebut.
- Struktur bangunan yang dikategorikan memiliki ketidakberaturan vertikal atau horizontal harus memenuhi **persyaratan tambahan** tertentu, sehingga menjamin keamanan penggunaan bangunan gedung tersebut.

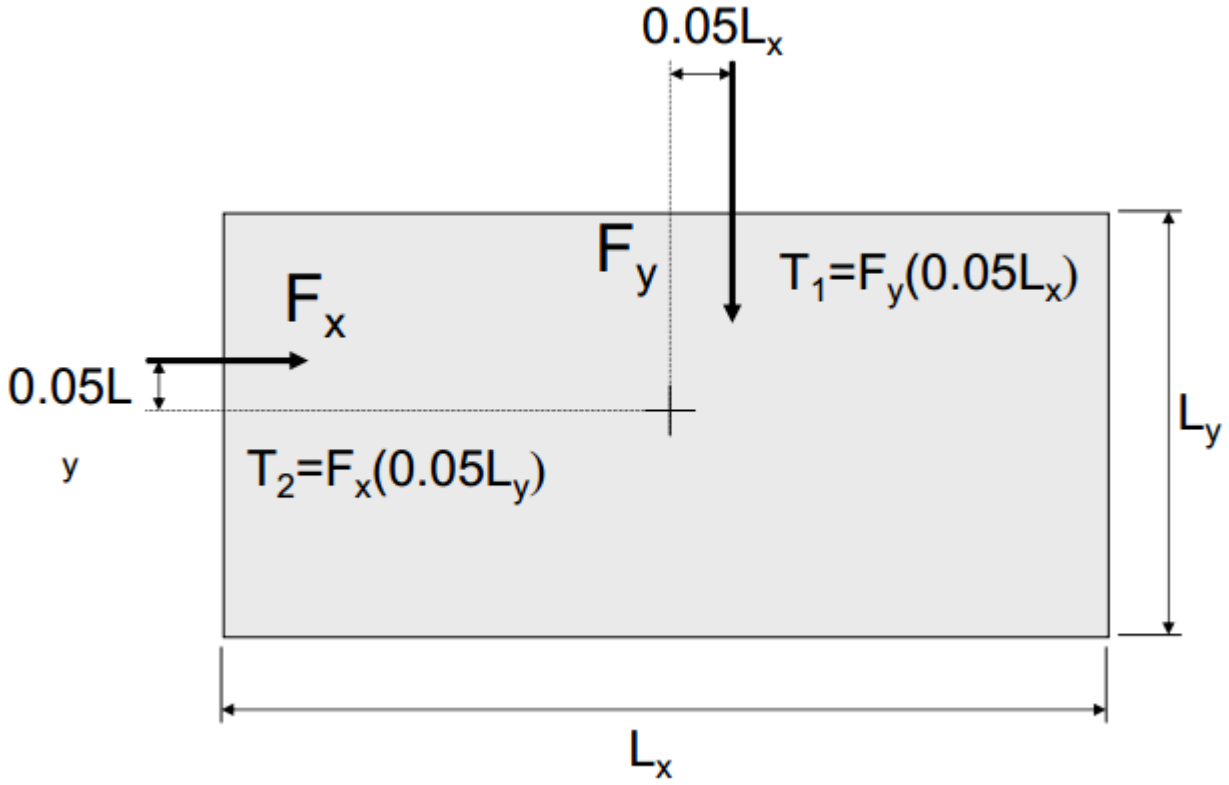
- Ketidakberaturan Horizontal

No	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Ilustrasi Grafis	Langkah Perbaikan	Penerapan KDS
1.a	**Ketidakberaturan Torsi** Didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur.	 Simpangan antar lantai tingkat $\Delta_1 > 1{,}20\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right)$	1	D, E, F
			2	C, D, E, F
			3	B, C, D, E, F
			4	C, D, E, F
			5	D, E, F

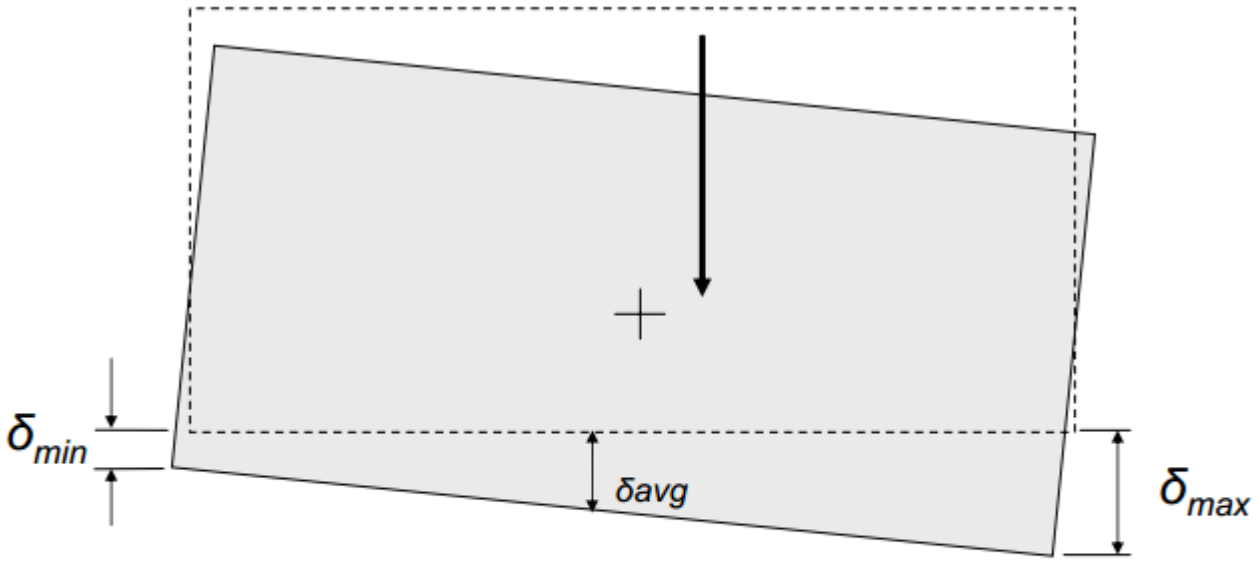
- Ketidakberaturan Horizontal

1.b	**Ketidakberaturan Torsi Berlebih**. didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur.	 Simpangan antar lantai tingkat $\Delta_1 > 1{,}40\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right)$	6	E, F
			1	D
			3	B, C, D
			2	C, D
			4	C, D
			5	D

- Torsi Tak Terduga (Accidental Torsion)



- Pembesaran Torsi Tak Terduga



$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1.2\delta_{avg}} \right)^2$$

Perhitungan Eksentrisitas

- $e_x = e_{ox} + (0{,}05BAx)$
- $e_y = e_{oy} + (0{,}05LAy)$
- e_{ox} dan e_{oy} adalah eksentrisitas bawaan
- 0,05 B Ax dan 0,05 L Ax adalah eksentrisitas tak terduga

Universitas Pembangunan Jaya

a home base to excellence

PERHITUNGAN EKSENTRISITAS RENCANA (E_d)

b = lebar bangunan tegak lurus terhadap gaya gempa yang ditinjau

e = eksentrisitas hasil perhitungan

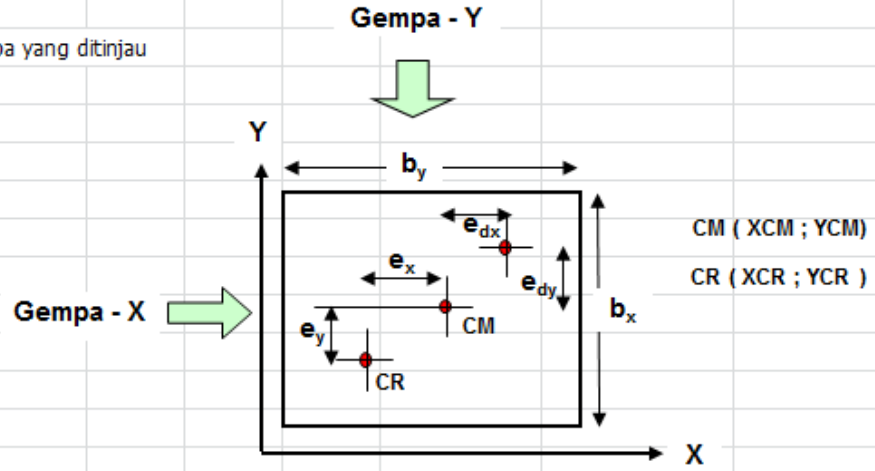
e_d = eksentrisitas rencana

e_x = XCR - XCM

e_y = YCR - YCM

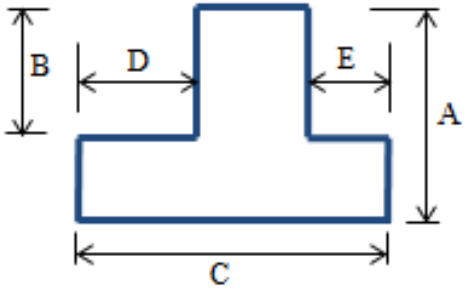
CM = Center of Mass (Pusat Massa)

CR = Center of Rigidity (Pusat Kekakuan)

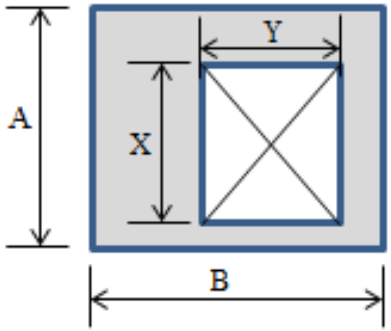


Story	Diaph	XCM	YCM	XCR	YCR	e_{0x}	GEMPA ARAH - X					
							Δ_{max}	Δ_{avg}	A_x	bx	e_{dx}	X_d
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(mm)	(mm)		(m)	m	(m)
STORY8	D1	15	8	15	8	0,00	1,08	1,01	0,80	16,00	0,64	15,64
STORY7	D1	15	8	15	8	0,00	1,80	1,72	0,76	16,00	0,61	15,61
STORY6	D1	15	8	15	8	0,00	2,52	2,44	0,74	16,00	0,59	15,59
STORY5	D1	15	8	15	8	0,00	3,15	3,07	0,73	16,00	0,58	15,58
STORY4	D1	15	8	15	8	0,00	3,65	3,58	0,72	16,00	0,58	15,58
STORY3	D1	15	8	15	8	0,00	3,95	3,88	0,72	16,00	0,57	15,57
STORY2	D1	15	8	15	8	0,00	3,81	3,76	0,71	16,00	0,57	15,57
STORY1	D1	15	8	15	8	0,00	2,22	2,20	0,71	16,00	0,57	15,57

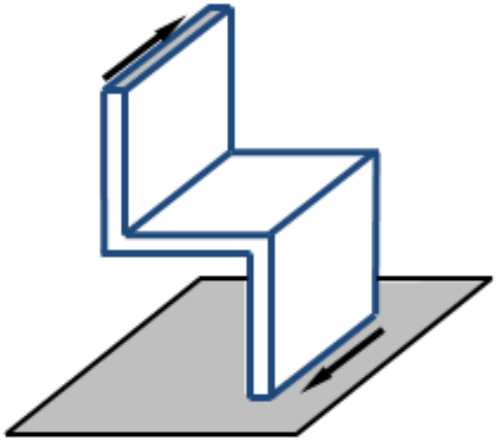
- Ketidakberaturan Horizontal

2	**Ketidakberaturan Sudut Dalam**. didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan.	 Proyeksi Sudut Dalam B > 15%A D > 15%C E > 15%C	1	D, E, F
			5	D, E, F

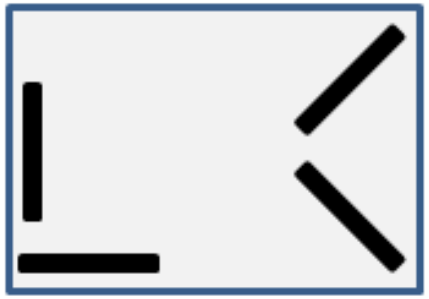
- Ketidakberaturan Horizontal

3	**Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma**. Didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	 Luasan XY > 50%AB	1	D, E, F
			5	D, E, F

- Ketidakberaturan Horizontal

No	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Ilustrasi Grafis	Langkah Perbaikan	Penerapan KDS
4	**Ketidakberaturan Pergeseran Melintang Terhadap Bidang**. Didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.	 Pergeseran Keluar Bidang	1	D, E, F
			7	B, C, D, E, F
			3	B, C, D, E, F
			5	D, E, F

- Ketidakberaturan Horizontal

5	**Ketidakberaturan Sistem Nonparalel.** Didefninisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem penahan gaya seismik.	 Sistem Non Paralel	8	C, D, E, F
			3	B, C, D, E, F
			5	D, E, F

- # Perbaikan Pada Struktur Tidak Beraturan

Tabel 15.13 Langkah Perbaikan Pada Struktur Dengan Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal

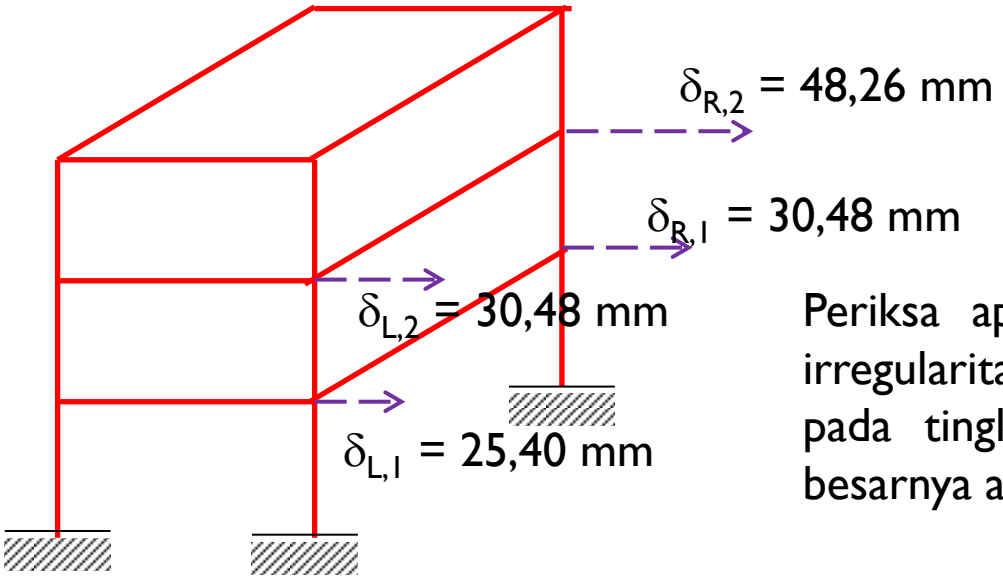
No	Langkah Perbaikan	Pasal Terkait Pada SNI 1726-2012
1	Gaya desain berdasarkan prosedur statik ditingkatkan sebesar 25% untuk sambungan diafragma dengan elemen-elemen vertikal dan dengan elemen kolektor, dan untuk elemen kolektor dan sambungannya, termasuk sambungan-sambungan ke elemen vertikal, dari sistem penahan gaya seismik	7.3.3.4
2	Kalikan momen torsi tak terduga M_{ta} di masing-masing tingkat dengan faktor pembesaran torsi $A_x = \left(\frac{\delta_{maks}}{1{,}20\,\delta_{avg}} \right)^2 \leq 3{,}0$ dengan : δ_{maks} = perpindahan maksimum di Tingkat x(mm) yang dihitung dengan mengasumsikan $A_x = 1$ δ_{avg} = rata-rata perpindahan di titik terjauh struktur di Tingkat x (mm) yang dihitung dengan mengasumsikan $A_x = 1$	7.8.4.3
3	Melakukan analisis dinamik 3D dengan memperhitungkan kekakuan diafragma. Untuk elemen beton harus menggunakan properti penampang retak serta memperhitungkan pengaruh P-Δ	7.7.3
4	Hitung simpangan antar tingkat, Δ, sesuai persyaratan dalam Tabel 15.11	7.12.1

- Perbaikan Pada Struktur Tidak Beraturan

No	Langkah Perbaikan	Pasal Terkait Pada SNI 1726-2012
5	Gunakan model analisis atau prosedur yang lebih ketat	Tabel 7.6.1
6	Tidak diijinkan	7.3.3.1
7	Desain kolom, balok, rangka batang atau pelat yang mendukung dinding atau rangka struktur yang tidak menerus harus direncanakan terhadap gaya maksimum yang ditentukan melalui kombinasi beban dengan memperhitungkan faktor kuat lebih Ω_0 sebagai berikut : • $(1{,}20 + 0{,}20S_{DS})D + \Omega_0 Q_E + L$ • $(0{,}90 - 0{,}20S_{DS})D + \Omega_0 Q_E + 1{,}60H$	7.3.3.3 7.4.3.2
8	Jika analisis menggunakan prosedur analisis gaya lateral ekivalen atau analisis modal maka prosedur kombinasi ortogonal dilakukan dengan kombinasi 100%X + 30%Y, serta 100%Y + 30%X	7.5.3
	Jika analisis dilakukan menggunakan prosedur riwayat respon linier (SNI 1726-2012, ps. 11.1), atau prosedur riwayat respon nonlinier (SNI 1726-2012, ps. 11.2), dengan pasangan ortogonal riwayat percepatan gerak tanah yang diterapkan secara serentak	
9	Gedung dengan ketinggian batas maksimum 9 m atau gedung dua tingkat, kecuali jika tingkat lemah (*weak story*) mampu menahan gaya seismik = Ω_0 kali gaya desain	7.3.3.2

- **Contoh 7** (Irregularitas Horizontal Tipe 1a dan b)

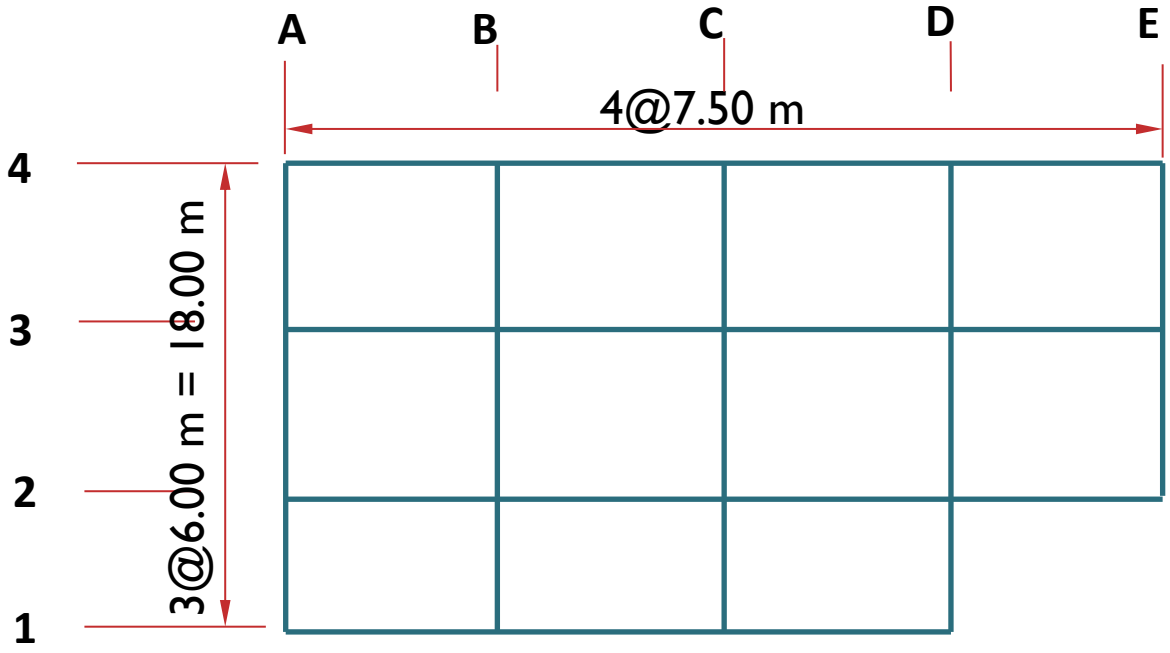
Suatu gedung 3 lantai jenis SMRF dengan rigid floor diaphragm. Akibat gaya seismik yang bekerja, diketahui displacement elastik δ_{xe} pada lantai 1 dan 2 adalah sbb.



Periksa apakah struktur termasuk pada irregularitas horizontal tipe 1a dan 1b pada tingkat 2. Selanjutnya hitung pula besarnya amplifikasi torsi A_x pada lantai 2

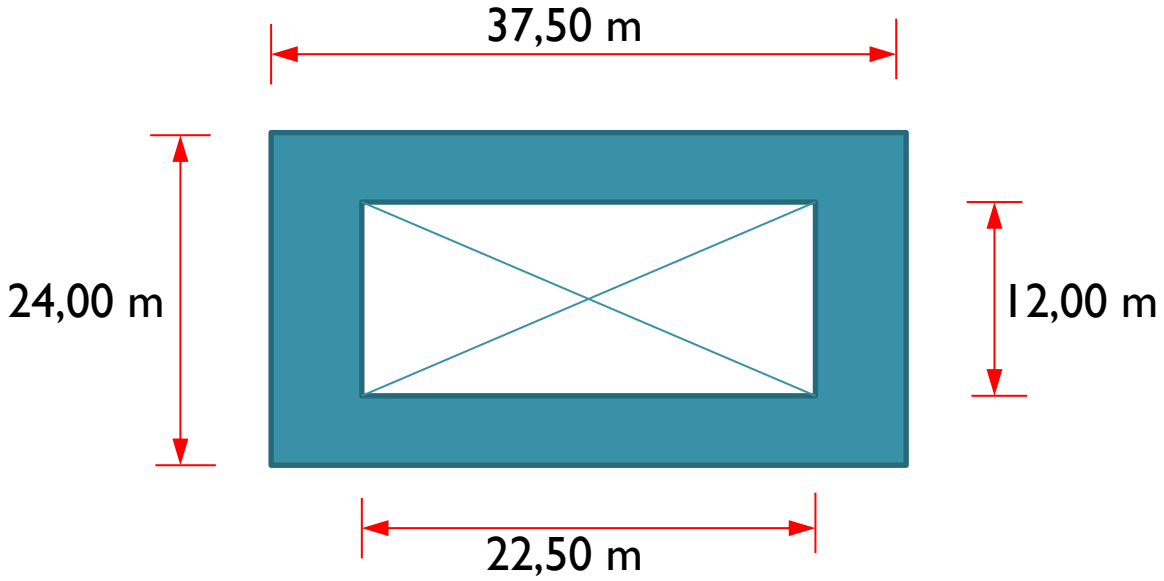
- **Contoh 8** (Irregularitas Horizontal Tipe 2)

Suatu gedung 10 lantai jenis SMRF dengan denah seperti pada Gambar. Periksa apakah struktur termasuk pada irregularitas horizontal tipe 2. (re-entrant corner)



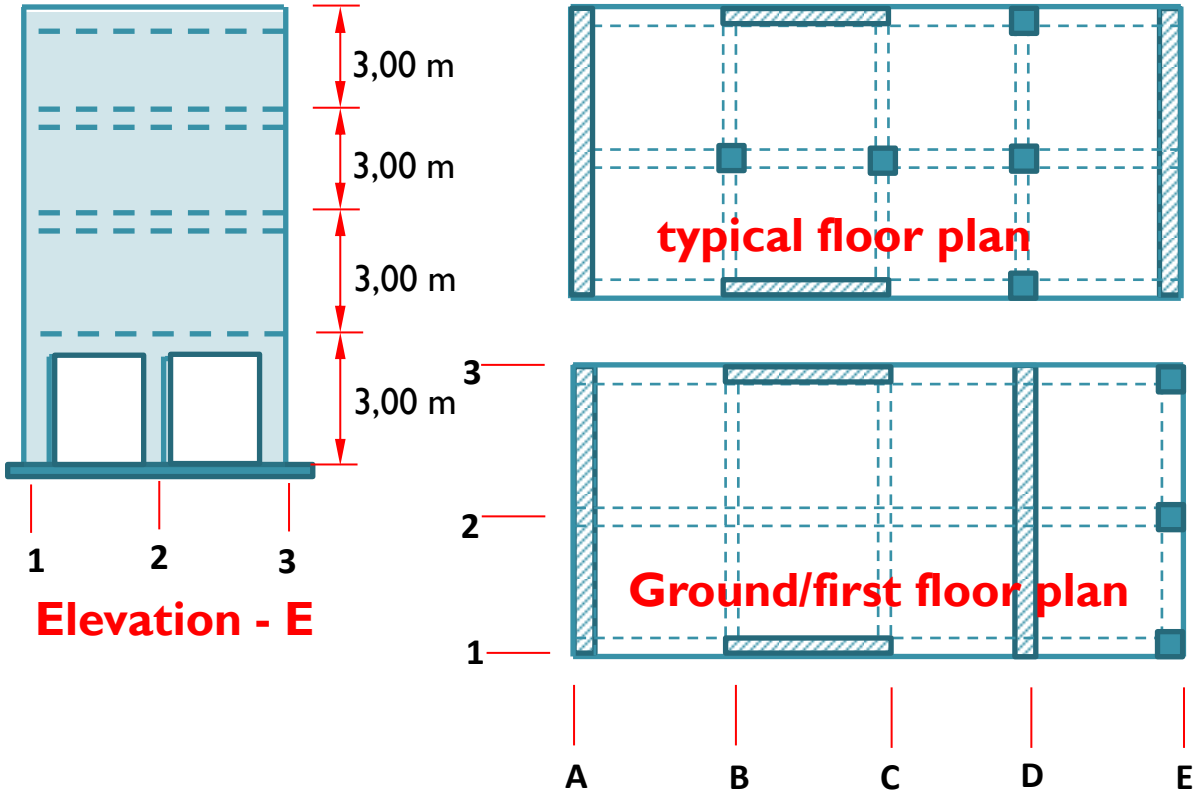
- **Contoh 9** (Irregularitas Horizontal Tipe 3)

Suatu gedung struktur beton bertulang 5 lantai dengan sistem Bearing Wall yang terletak pada sekeliling perimeter bangunan. Gaya lateral dipikul oleh bearing wall yang berfungsi sebagai shear wall. Gambar di bawah ini merupakan denah lantai 2 dari gedung tsb. Terdapat bukaan dari atrium 12.00 m x 22.50 m. Semua difragma di atasnya tanpa bukaan yang berarti.



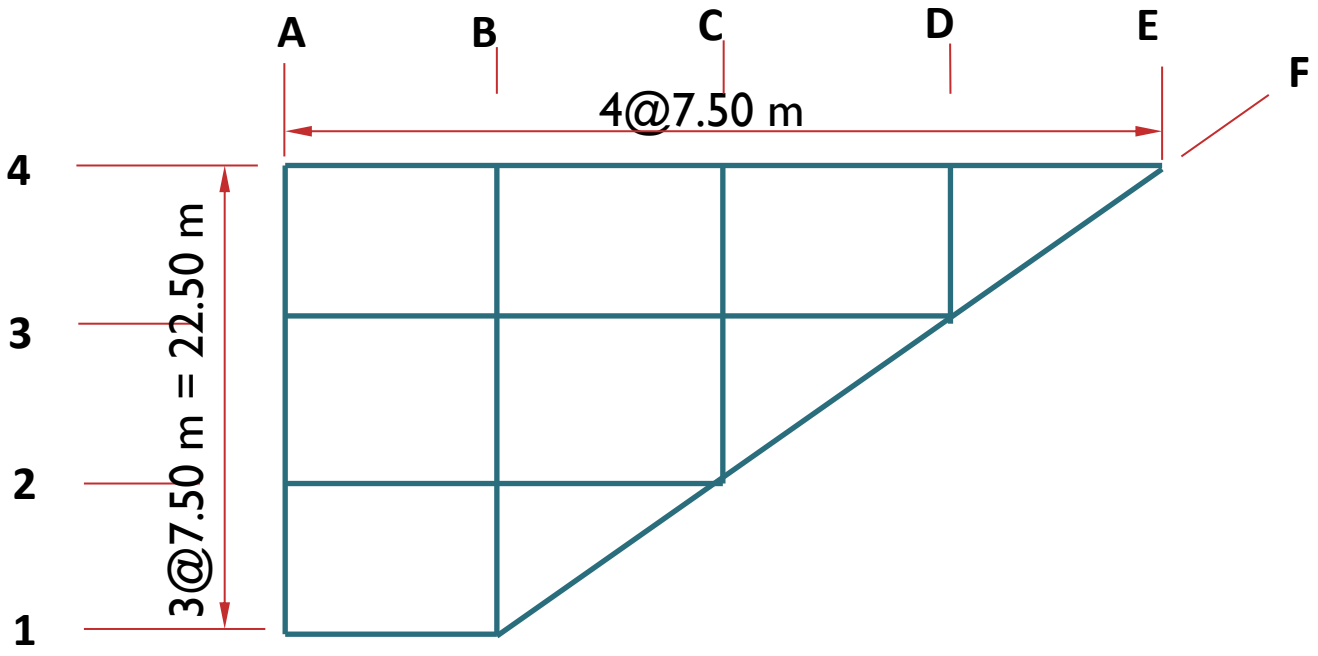
- **Contoh 10** (Irregularitas Horizontal Tipe 4)

Sebuah gedung 4 lantai memiliki dinding geser beton bertulang sebagai sistem pemikul gaya lateral. Denah dinding geser diperlihatkan dalam gambar. Periksa apakah ditemukan ketidakberaturan horizontal type 4.



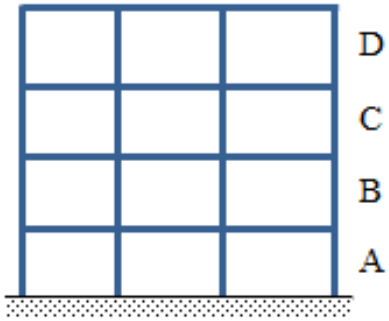
- **Contoh 11** (Irregularitas Horizontal Tipe 5)

Sebuah gedung 10 lantai dengan denah seperti pada gambar. Seluruh perimeter gedung pada sumbu 1, 4, A dan F merupakan SMRF

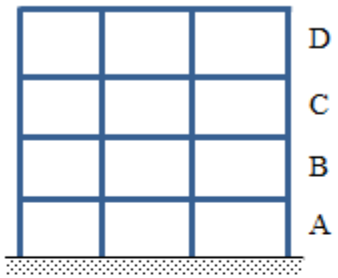
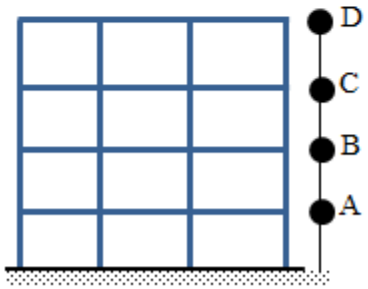


- Ketidakberaturan Vertikal

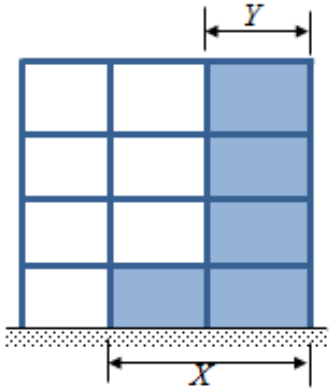
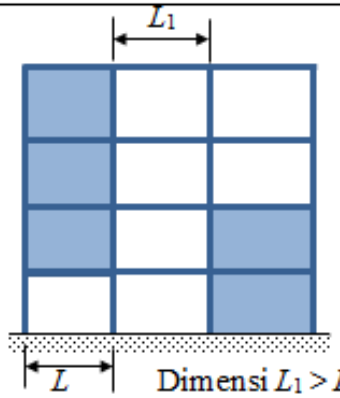
Tabel 15.12.b Ketidakberaturan Vertikal Sistem Struktur

No	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Ilustrasi Grafis	Langkah Perbaikan	Penerapan KDS
1.a	**Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak.** Didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	 Kekakuan : A < 70%B atau $A < 80\%\left(\frac{B+C+D}{3}\right)$	5	D, E, F

- Ketidakberaturan Vertikal

No	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Ilustrasi Grafis	Langkah Perbaikan	Penerapan KDS
1.b	**Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan.** Didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya kurang dari 60 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	 Kekakuan : $A < 60\%B$ atau $A < 70\%\left(\frac{B+C+D}{3}\right)$	6	E, F
			5	D, E, F
2	**Ketidakberaturan Berat (Massa).** Didefinisikan ada jika massa efektif semua tingkat lebih dari 150 persen massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	 Massa B > 150% Massa A	5	D, E, F

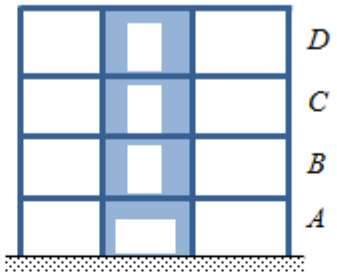
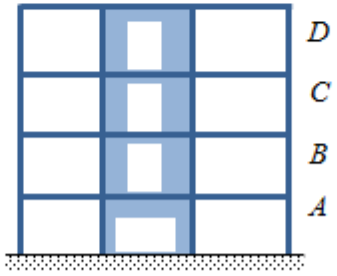
- Ketidakberaturan Vertikal

3	**Ketidakberaturan Geometri Vertikal**. Didefinisikan ada jika dimensi horisontal sistem penahan gaya seismik di semua tingkat lebih dari 130 persen dimensi horisontal sistem penahan gaya seismik tingkat di dekatnya	 Dimensi $X > 130\%Y$	5	D, E, F
4	**Diskontinuitas Arah Bidang dalam Ketidakberaturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal**. Didefinisikan ada jika pegeseran arah bidang elemen penahan gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen penahan di tingkat di bawahnya.	 Dimensi $L_1 > L$	7	B, C, D, E, F
			1	D, E, F
			5	D, E, F

Universitas Pembangunan Jaya

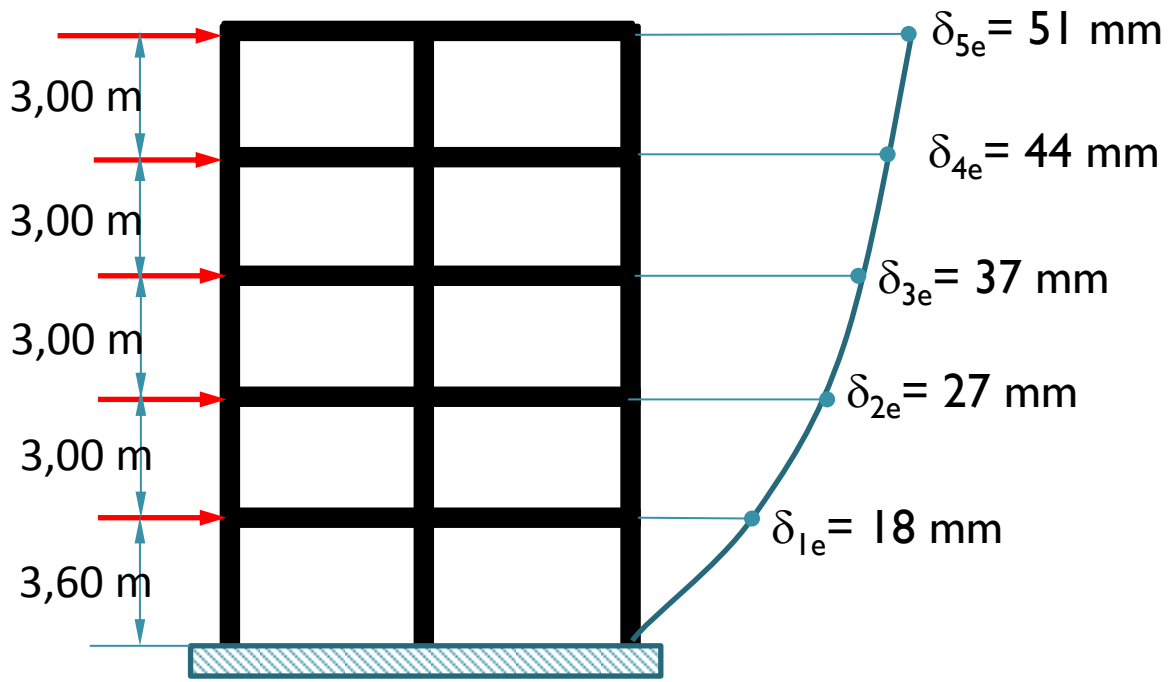
a home base to excellence

- Ketidakberaturan Vertikal

No	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Ilustrasi Grafis	Langkah Perbaikan	Penerapan KDS
5.a	**Diskontinuitas dalam Ketidak-beraturan Kuat Lateral Tingkat**. Didefinisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 80 persen kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.	 Kuat Geser A < 80%B	6	D, E, F
			5	D, E, F
5.b	**Diskontinuitas dalam Ketidak-beraturan Kuat Lateral Tingkat yang Berlebihan.** Didefinisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 65 persen kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat tingkat adalah kuat total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.	 Kuat Geser A < 65%B	5	D, E, F
			6	D, E, F
			9	B, C

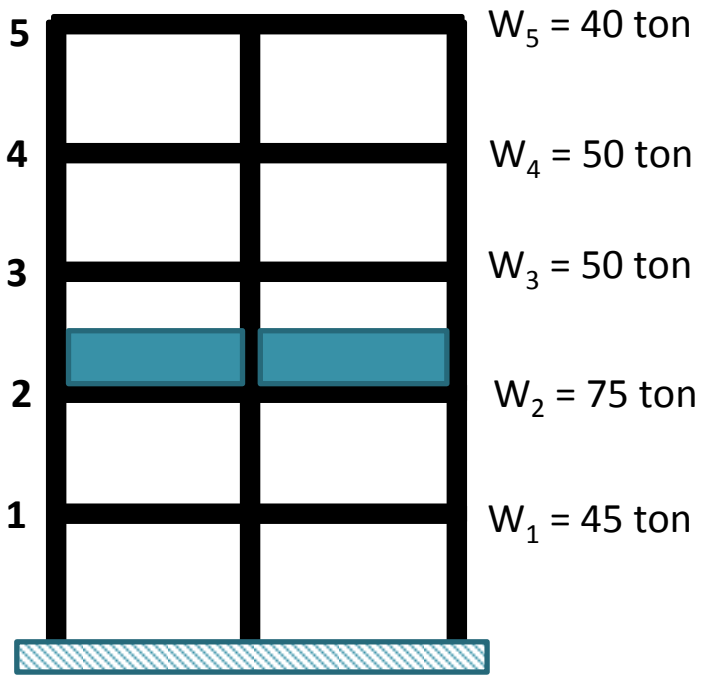
- **Contoh 12** (Irregularitas Vertikal Tipe 1.a dan 1.b)

Suatu gedung struktur beton bertulang jenis SMRF bertingkat 5 dengan KDS-D. Periksa apakah termasuk irregularitas vertikal tipe 1.a atau 1.b



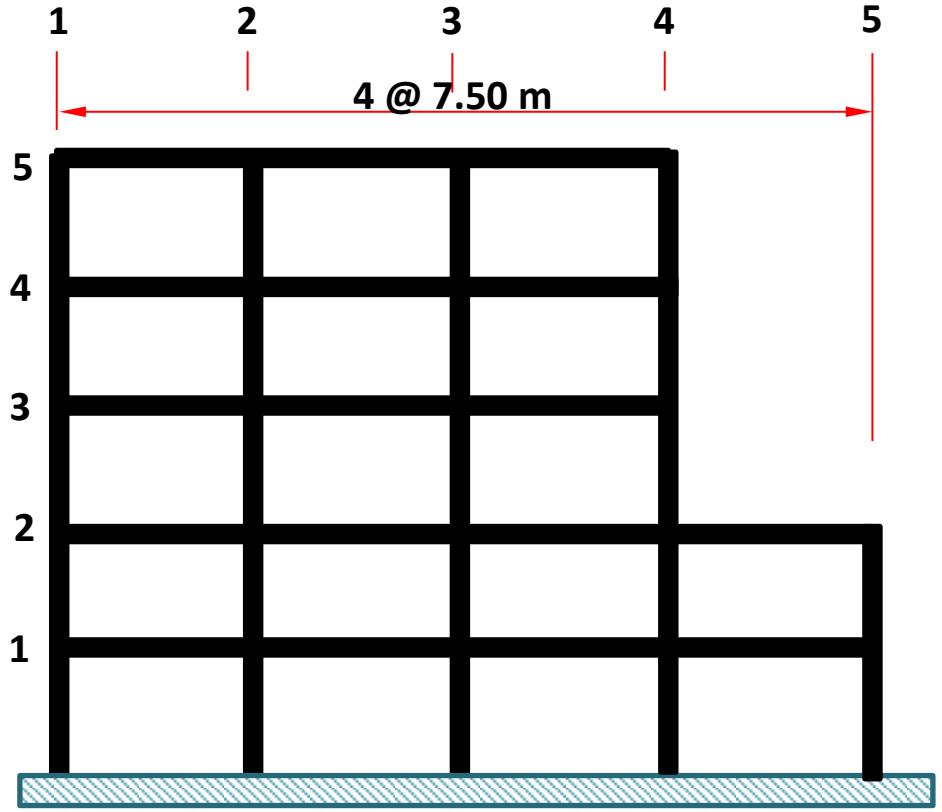
- Contoh 13 (Irregularitas Vertikal Tipe 2)

Suatu gedung bertingkat 5 jenis SMRF memiliki peralatan berat yang dipasang pada lantai 2 seperti pada gambar. Periksa apakah termasuk irregularitas vertikal tipe 2



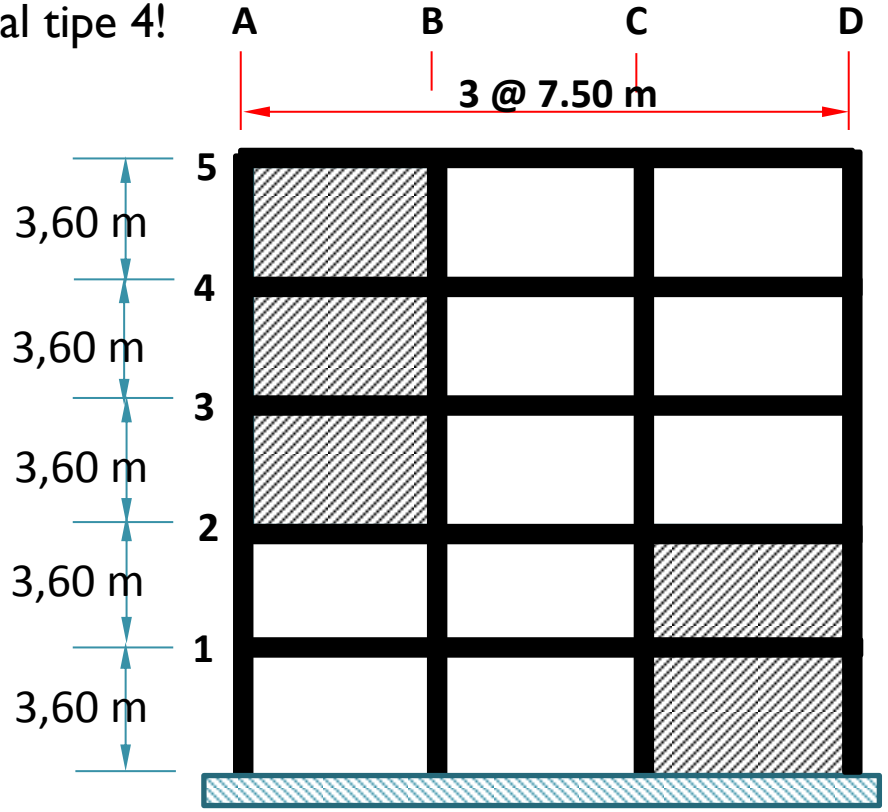
- Contoh 14 (Irregularitas Vertikal Tipe 3)

Suatu gedung bertingkat 5 jenis SMRF memiliki setback sebesar 7,50 m pada lantai 3,4, dan 5 seperti pada gambar. Periksa apakah termasuk irregularitas vertikal tipe 3



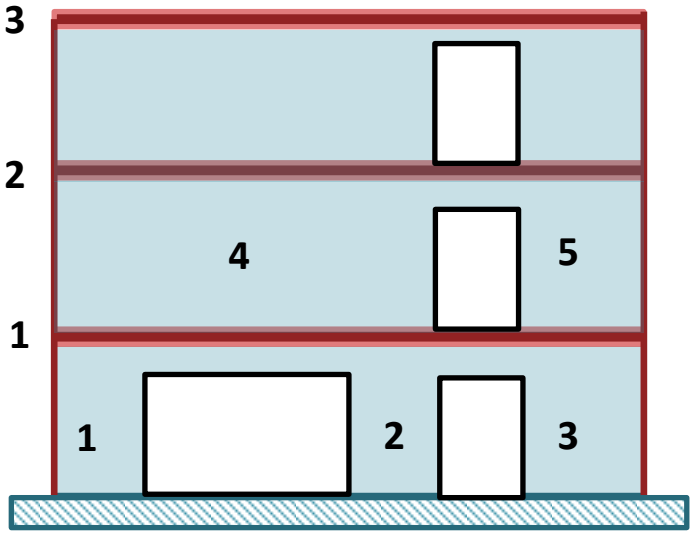
- **Contoh 15** (Irregularitas Vertikal Tipe 4)

Suatu gedung beton bertulang seperti pada gambar. Shear wall antara sumbu A dan B offset dari shear wall antara sumbu C dan D. Periksa apakah termasuk irregularitas vertikal tipe 4!



Contoh 16 (Irregularitas Vertikal Tipe 5.a & b)

Suatu gedung struktur beton bertulang dari jenis Bearing Wall dengan konfigurasi dinding seperti pada gambar. Seluruh dinding adalah identik dan masing-masing dinding memberikan kontribusi geser. Nilai kuat geser nominal tiap dinding ditujukkan dalam tabel. Periksa apakah struktur termasuk irregularitas vertikal 5.a atau b.



Pier	V_n (ton)
1	10
2	15
3	7,50
4	40,00
5	7,5