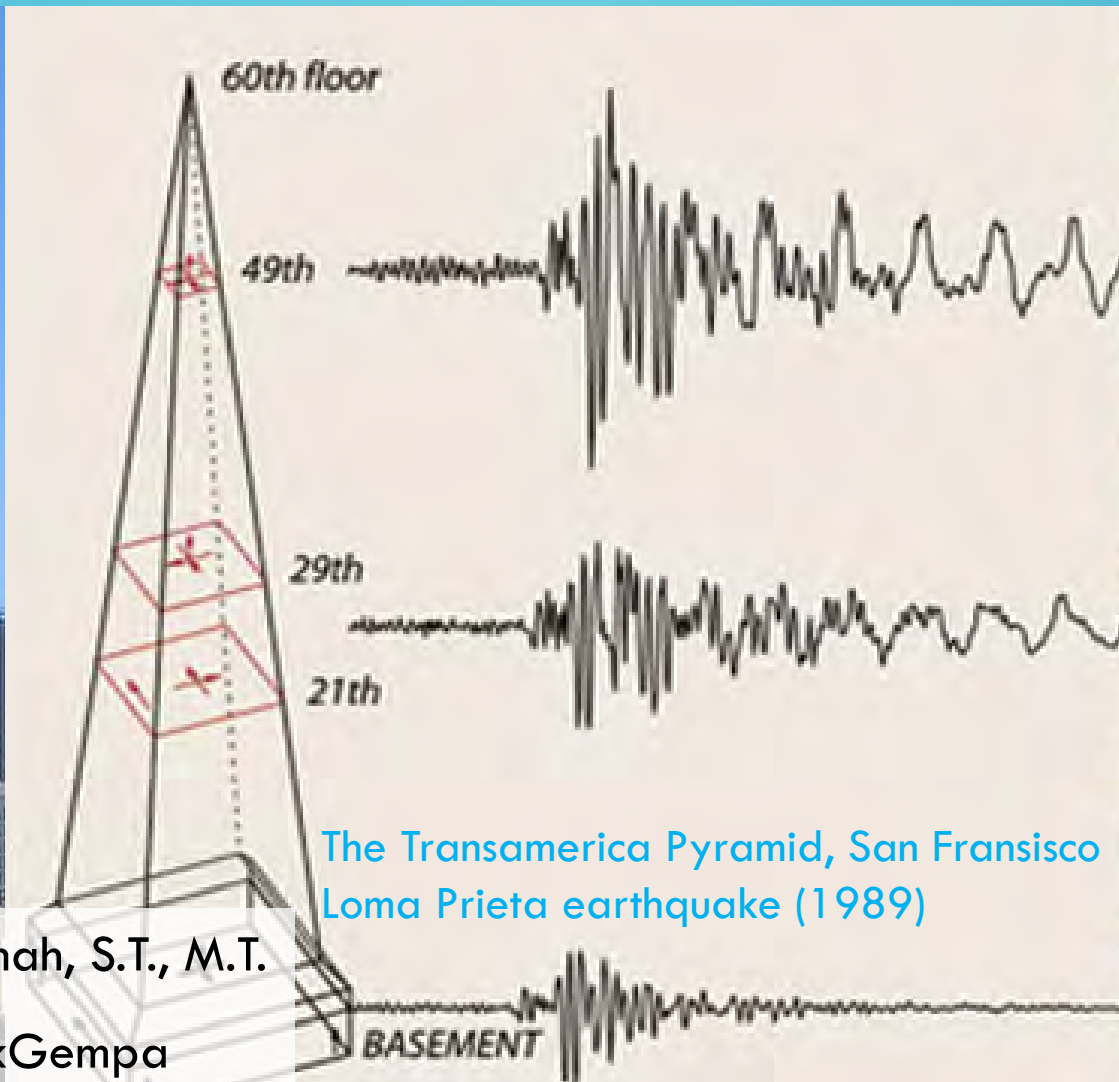




TKS 420214

DINAMIKA STRUKTUR DAN GEMPA

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya



Pengajar: Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Available on: <http://bit.ly/DinstrukGempa>



Diafragma

Sumber: SNI 1726:2019 (2019)
Pasal 7.3

- Diafragma adalah sistem atap, lantai, membran, atau *bracing* (penyangga) yang berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya lateral (dari arah samping) ke elemen vertikal pemikul beban lateral (kolom)

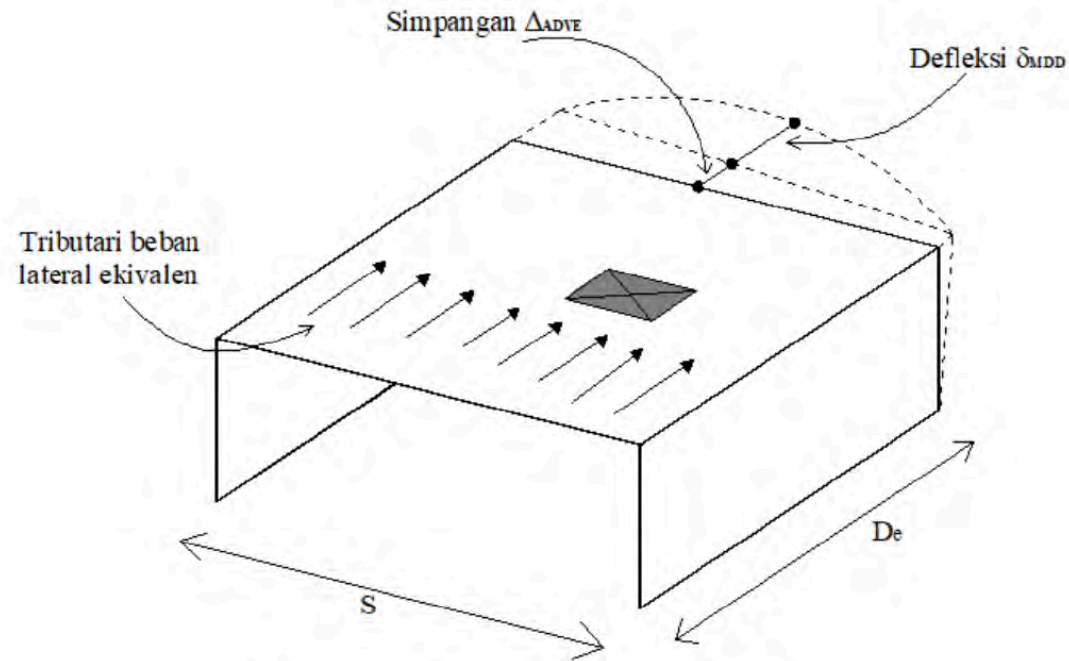
7.3.1.1 Kondisi diafragma fleksibel

Diafragma yang terbuat dari dek baja tanpa penutup (*topping*) atau panel struktur kayu dapat diidealisasikan sebagai diafragma fleksibel jika memenuhi satu atau lebih kondisi berikut:

1. Struktur dengan elemen vertikal berupa rangka baja dengan bresing, rangka baja dan beton komposit dengan bresing, atau beton, dinding bata, baja, atau dinding geser komposit baja dan beton;
2. Bangunan hunian satu atau dua tingkat;
3. Struktur rangka ringan yang memenuhi kondisi berikut:
 - a. Penutup beton atau material serupa tidak ditempatkan di atas panel diafragma kayu kecuali untuk penutup nonstruktural dengan tebal tidak melebihi 38 mm;
 - b. Setiap baris elemen vertikal sistem pemikul gaya seismik memenuhi simpangan antar tingkat izin pada Tabel 20.

7.3.1.2 Kondisi diafragma kaku

Diafragma pelat beton atau dek metal yang diberi penutup beton dengan perbandingan S/D_e sebesar 3 atau kurang pada struktur tanpa ketidakberaturan horizontal dapat diidealisasikan sebagai diafragma kaku. Lihat Gambar 4 untuk definisi S dan D_e .



Gambar 4 – Diafragma fleksibel

7.3.1.3 Kondisi diafragma fleksibel yang dihitung

Diafragma yang tidak memenuhi kondisi 7.3.1.1 atau 7.3.1.2, boleh diidealisasikan sebagai diafragma fleksibel apabila:

$$\frac{\delta_{MDD}}{\Delta_{ADVE}} > 2 \quad (21)$$

dimana δ_{MDD} dan Δ_{ADVE} seperti ditunjukkan dalam Gambar 4. Pembebanan yang digunakan untuk perhitungan ini harus sesuai dengan yang ditentukan 7.8.

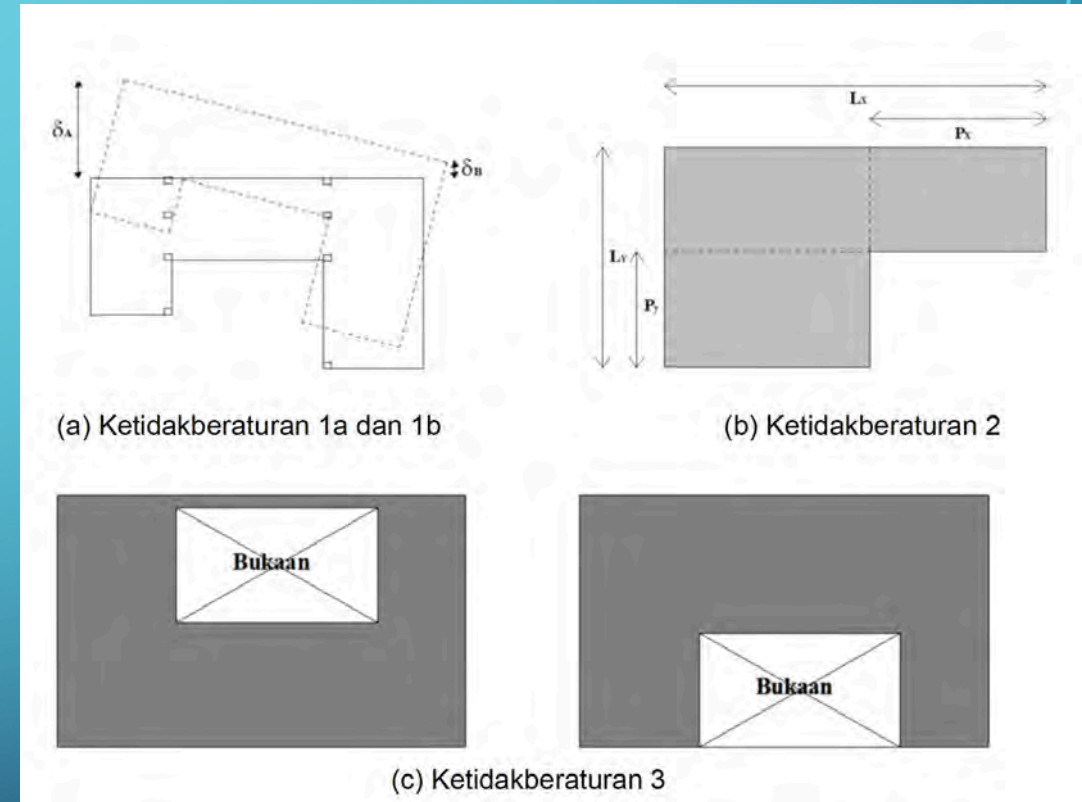


Klasifikasi struktur beraturan dan tidak beraturan

- Ketidakberaturan horizontal: Struktur yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti yang terdapat dalam Tabel 13 harus dinyatakan mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal. Struktur-struktur yang didesain untuk kategori desain seismik sebagaimana yang terdapat dalam Tabel 13 harus memenuhi persyaratan dalam pasal-pasal yang dirujuk dalam tabel tersebut.
- Ketidakberaturan vertikal: Struktur yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti yang terdapat dalam Tabel 14 harus dinyatakan mempunyai ketidakberaturan vertikal. Struktur-struktur yang didesain untuk kategori desain seismik sebagaimana yang terdapat dalam Tabel 14 harus memenuhi persyaratan dalam pasal-pasal yang dirujuk dalam tabel tersebut.

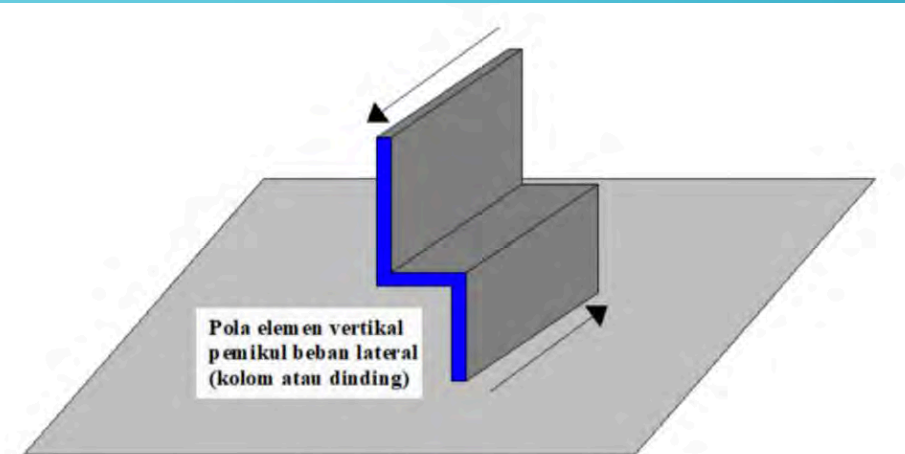
Tabel 13 – Ketidakberaturan horizontal pada struktur

Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a. Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b. Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.3.4.2 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2. Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
3. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 % dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
4. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak turus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5. Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	7.5.3 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

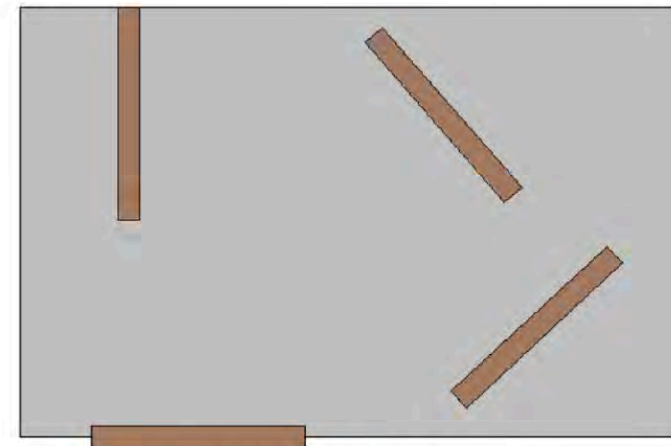


Tabel 13 – Ketidakberaturan horizontal pada struktur

Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a. Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b. Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.3.4.2 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2. Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
3. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 % dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
4. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5. Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	7.5.3 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F



(d) Ketidakberaturan 4

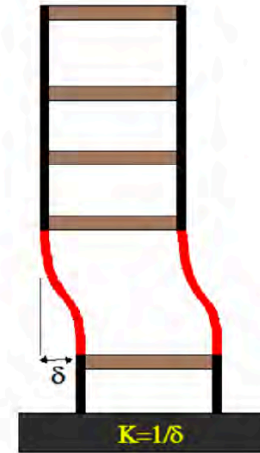


(e) Ketidakberaturan 5

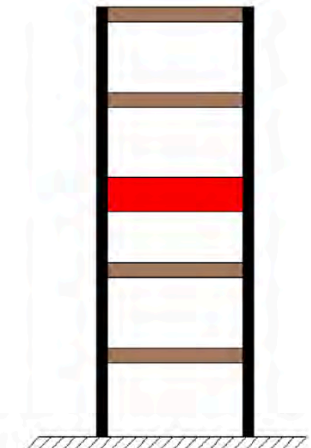
Gambar 5 – Ketidakberaturan horizontal

Tabel 14 – Ketidakberaturan vertikal pada struktur

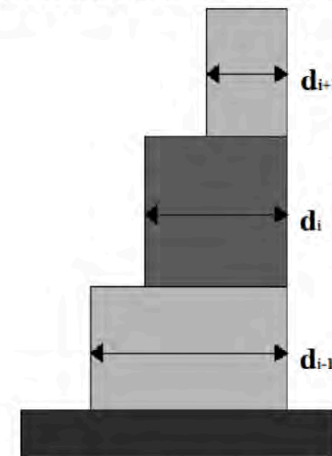
	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	Tabel 16	D, E, dan F
1b.	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
2.	Ketidakberaturan Berat (Massa) didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 16	D, E, dan F
3.	Ketidakberaturan Geometri Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.	Tabel 16	D, E, dan F
4.	Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	7.3.3.3 7.3.3.4 Tabel 16	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F
5a.	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
5b.	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 7.3.3.2 Tabel 16	D, E, dan F B dan C D, E, dan F



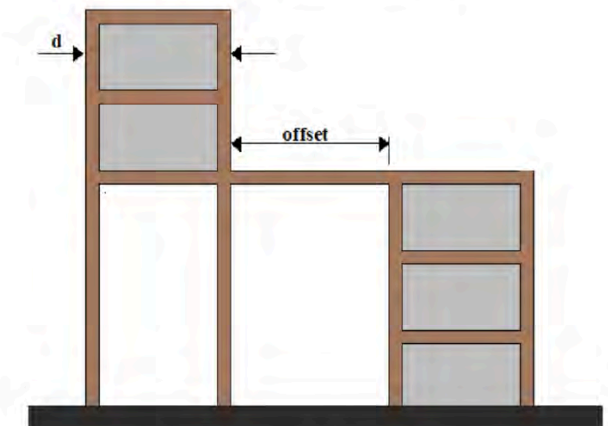
(a) Ketidakberaturan 1a dan 1b



(b) Ketidakberaturan 2



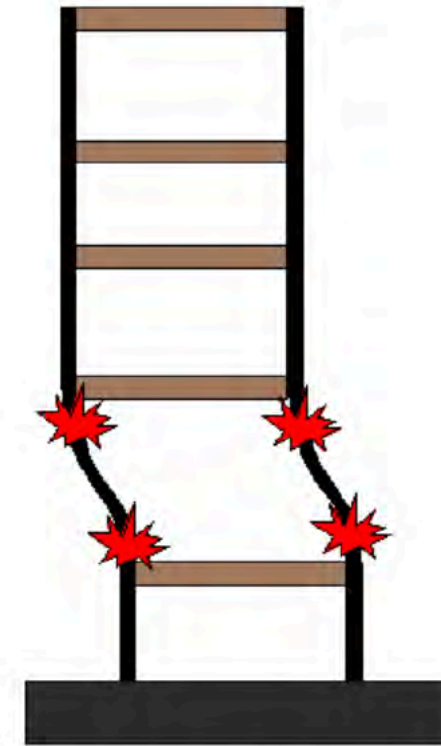
(c) Ketidakberaturan 3



(d) Ketidakberaturan 4

Tabel 14 – Ketidakberaturan vertikal pada struktur

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	Tabel 16	D, E, dan F
1b.	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
2.	Ketidakberaturan Berat (Massa) didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 16	D, E, dan F
3.	Ketidakberaturan Geometri Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.	Tabel 16	D, E, dan F
4.	Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	7.3.3.3 7.3.3.4 Tabel 16	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F
5a.	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
5b.	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 7.3.3.2 Tabel 16	D, E, dan F B dan C D, E, dan F



(e) Ketidakberaturan 5a dan 5b

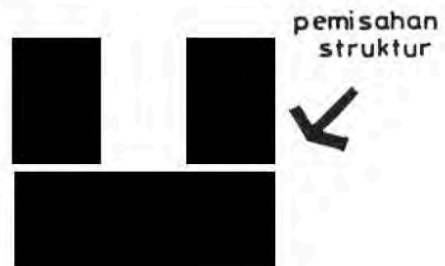
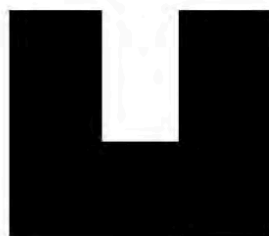
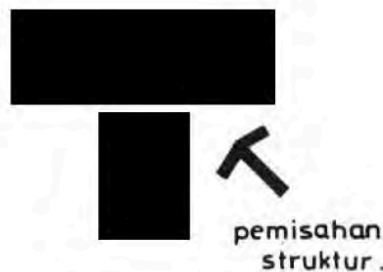
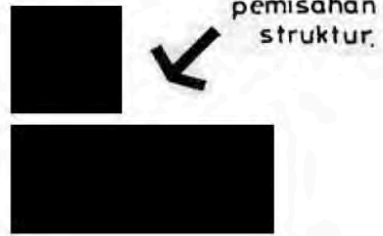
Gambar 6 – Ketidakberaturan vertikal

DASAR-DASAR PERENCANAAN

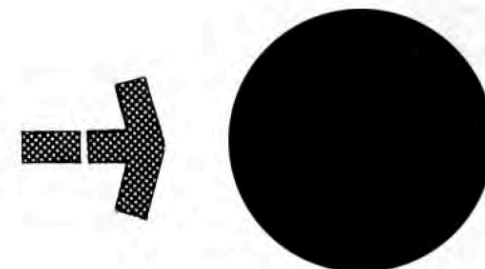
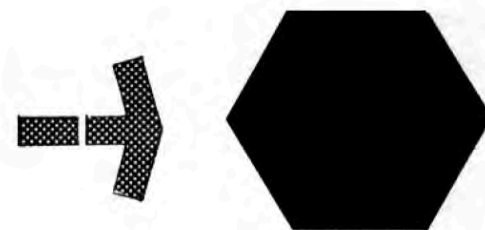
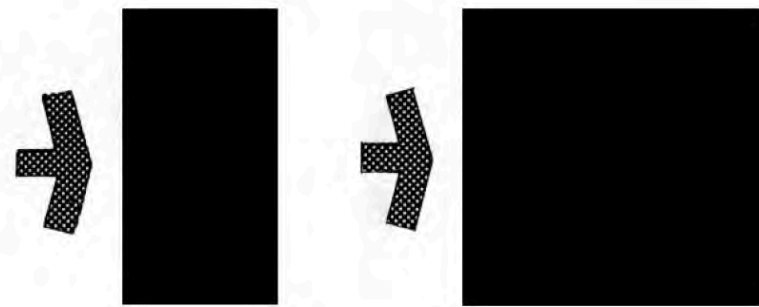
1. Bentuk denah bangunan sebaiknya sederhana dan simetris

KURANG BAIK

SEBAIKNYA



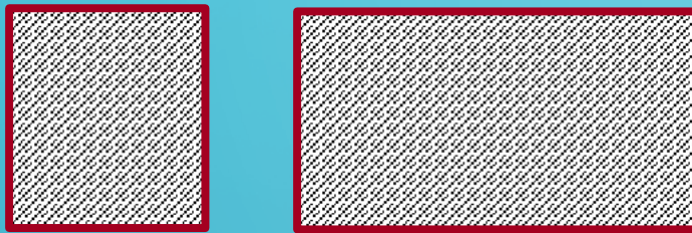
Sederhana dan Simetris



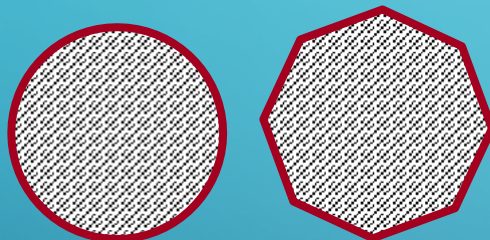


BENTUK DENAH & PENAMPANG

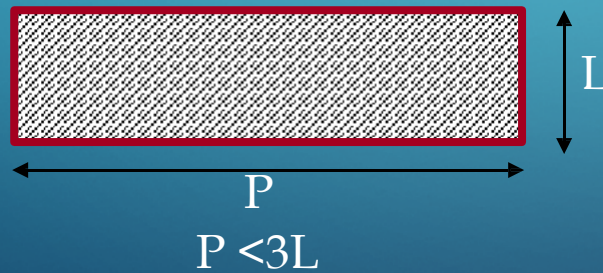
Bangunan yang sederhana akan menghasilkan respon gempa yang beraturan pada suatu bangunan sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya konsentrasi gaya gempa hanya pada satu bagian bangunan. Distribusi gaya gempa yang beraturan akan mengurangi resiko kerusakan bangunan akibat gempa.



Simetris dan Sederhana

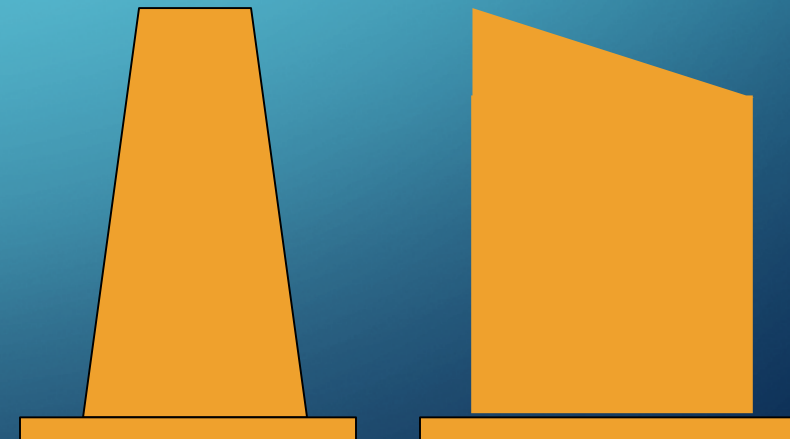
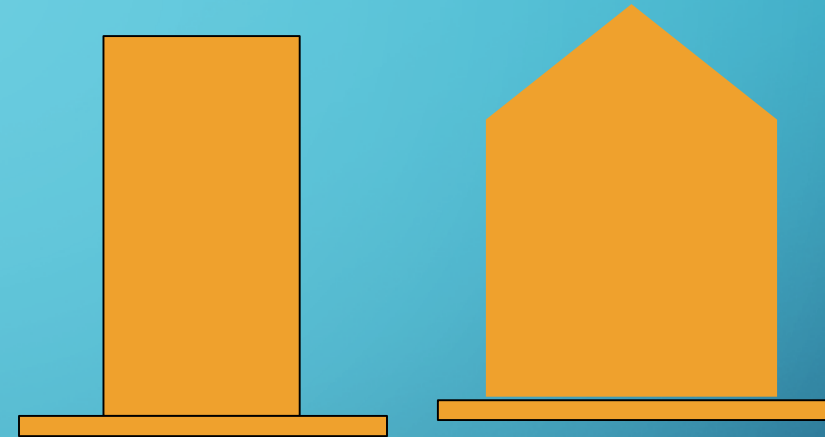


Simetris tetapi tidak Sederhana



Simetris tetapi terlalu panjang

Denah yang Sederhana

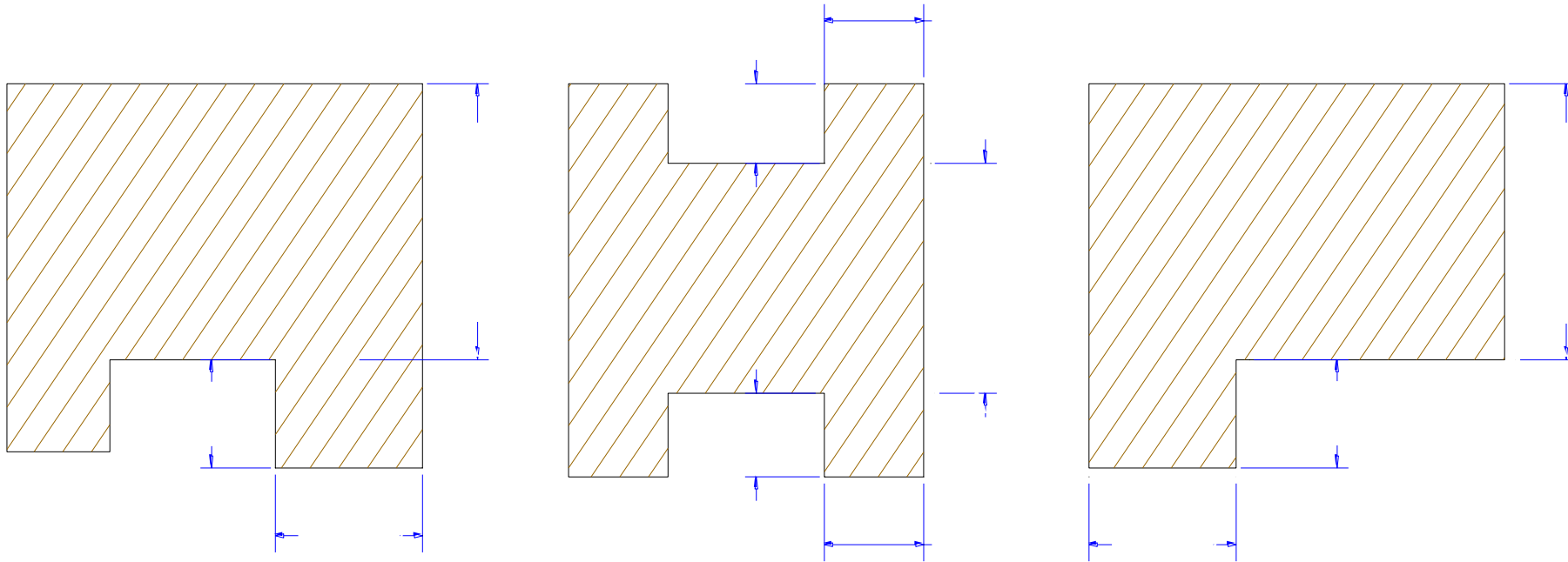


Penampang yang Sederhana



Denah bangunan yang terlalu rumit menyebabkan respon dinamik yang tidak beraturan

BENTUK DENAH



Sumber: Perc. Strk. Beton 1983

Denah persegi panjang tanpa tonjolan: aman

Jika ada tonjolan, maksimum = 25 % ukuran terbesar denah arah tonjolan

(Pasal 4.2.1 SNI 03-1726-2002)



Pasal 8.1.1 SNI 1726:2019

7. Untuk struktur dengan diafragma berupa beton yang dicor di tempat, tonjolan melebihi baris luar dinding geser atau rangka dengan bresing harus memenuhi ketentuan berikut ini:

$$a \leq d/3 \quad (70)$$

Keterangan:

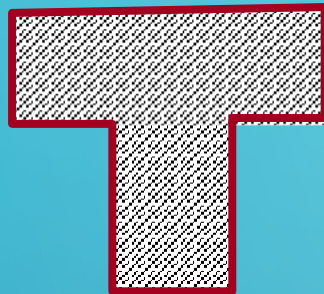
- a = jarak tegak lurus terhadap gaya yang ditinjau yang dihitung dari tepi terluar diafragma ke baris tahanan vertikal yang terdekat
- d = kedalaman diafragma sejajar terhadap gaya yang ditinjau dari baris tahanan vertikal yang terdekat ke tepi diafragma

Semua tonjolan diafragma lainnya yang melebihi baris luar dinding geser atau *rangka dengan bresing*, harus memenuhi ketentuan berikut:

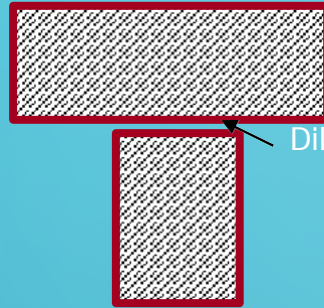
$$a \leq d/5 \quad (71)$$



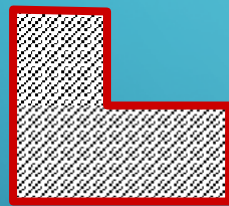
BENTUK DENAH DAN DILATASI (JARAK ANTAR BANGUNAN)



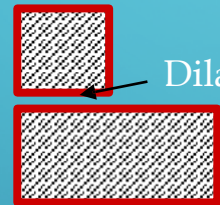
Kurang baik



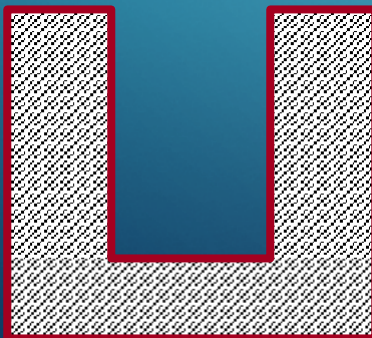
Lebih baik



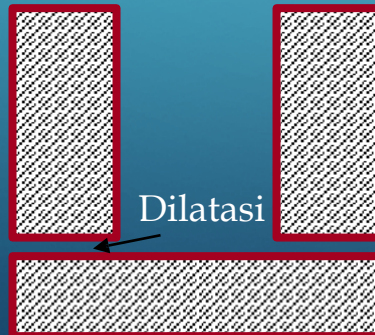
Kurang baik



Lebih baik

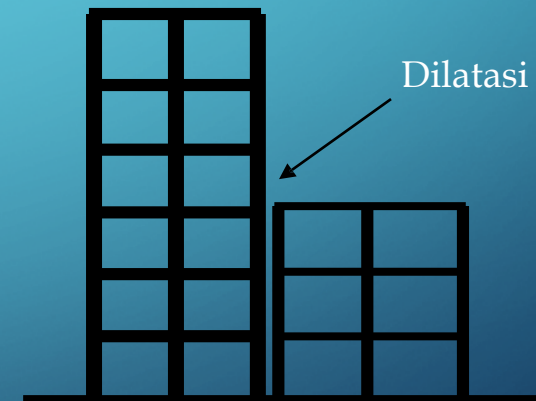
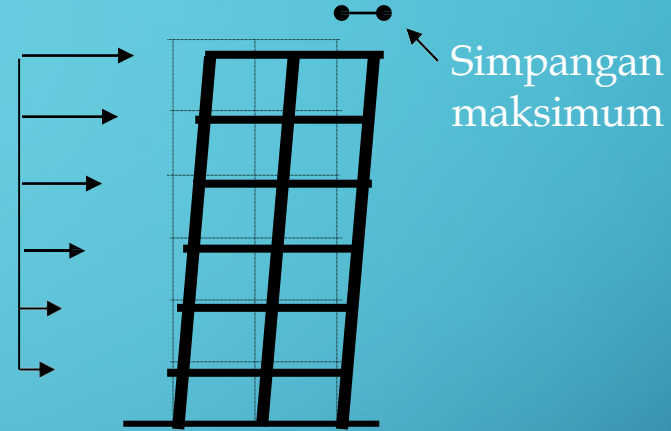


Kurang baik



Lebih baik

Gaya lateral gempa



dilatasi > simpangan maksimum

Minimum = maks dari 2.5% tinggi bangunan atau 75 mm

(Ps.8.2.3 & 8.2.4 SNI 03-1726-2002)



Dilatasi harus memperhitungkan simpangan maksimum struktur
Jika tidak, maka terjadi benturan antar bangunan yang berdekatan (*Pounding*)



Bangunan yang saling bertabrakan saat gempa (*pounding*) Akibat dilatasi (jarak antar bangunan) $<$ defleksi maksimum

Something like this happens during earthquakes. When the ground shakes, buildings amplify the shaking. But buildings don't shake together, or in-phase. Each building is different, and moves differently during an earthquake. Each building has a different frequencies of vibration at which it resonates. To-and-fro movements intensify differently for each building, increasing up each building's height.

If buildings are constructed too close together or against one another, when the ground shakes, each building vibrates differently. The buildings pound their neighbours, sometimes causing serious damage (Figures 1 and 2). An online search for images of "earthquake building pounding", reveals many instances of pounding damage during various earthquakes around the world.

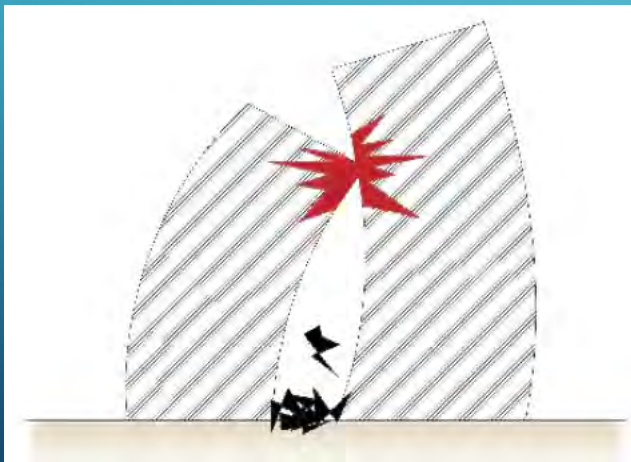


Figure 1. Two buildings with an insufficiently wide seismic gap pounding each other during an earthquake.



Figure 2. Two buildings have pounded each other with one far more seriously damaged than the other.



Dilatasi/gap (Jarak antar bangunan) diberi *expansion joint* dari bahan karet

Sumber: Charleson (2022)

How wide do these gaps, usually referred to as “seismic separation gaps”, need to be? It depends on the building’s height and its flexibility. For the most flexible building allowed by earthquake codes the gap to the boundary is about 2% of the building height. For a four-story building this is about 240 mm. A narrower seismic gap is feasible if the civil engineer designs a stiffer building; for example, with larger columns and beams, or longer structural walls. When adjacent buildings are closeby, gaps are covered by flexible flashings (Figures 4 and 5).

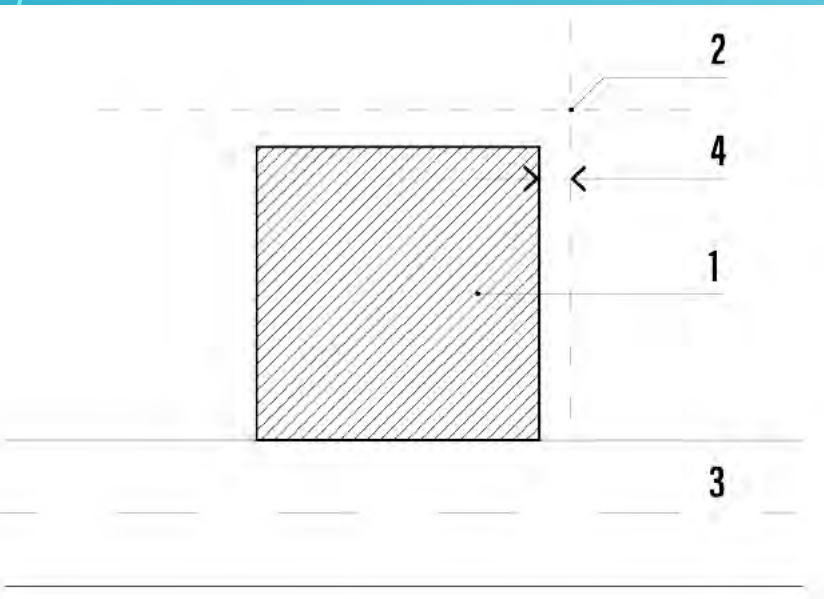


Figure 3. A plan of a building (1) within its boundaries (2) and on a street (3). On three sides the building is built back from the boundaries by the width of a seismic gap (4).



Figure 4. Two buildings separated by a seismic gap covered by a flexible flashing.

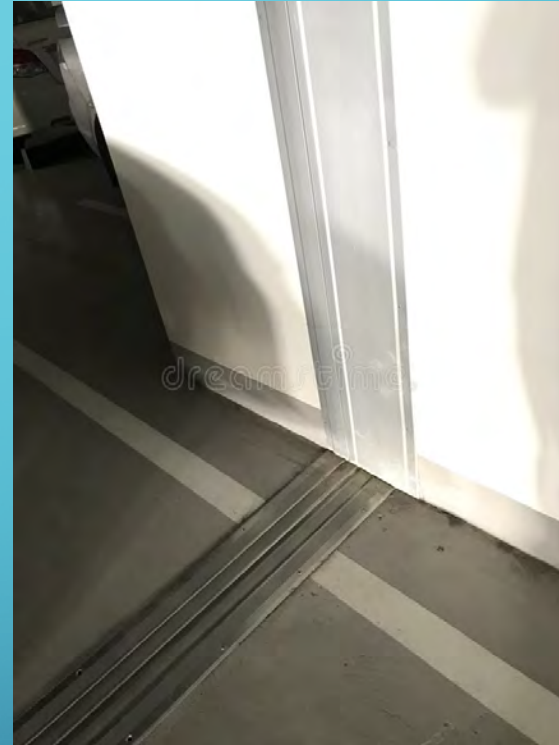
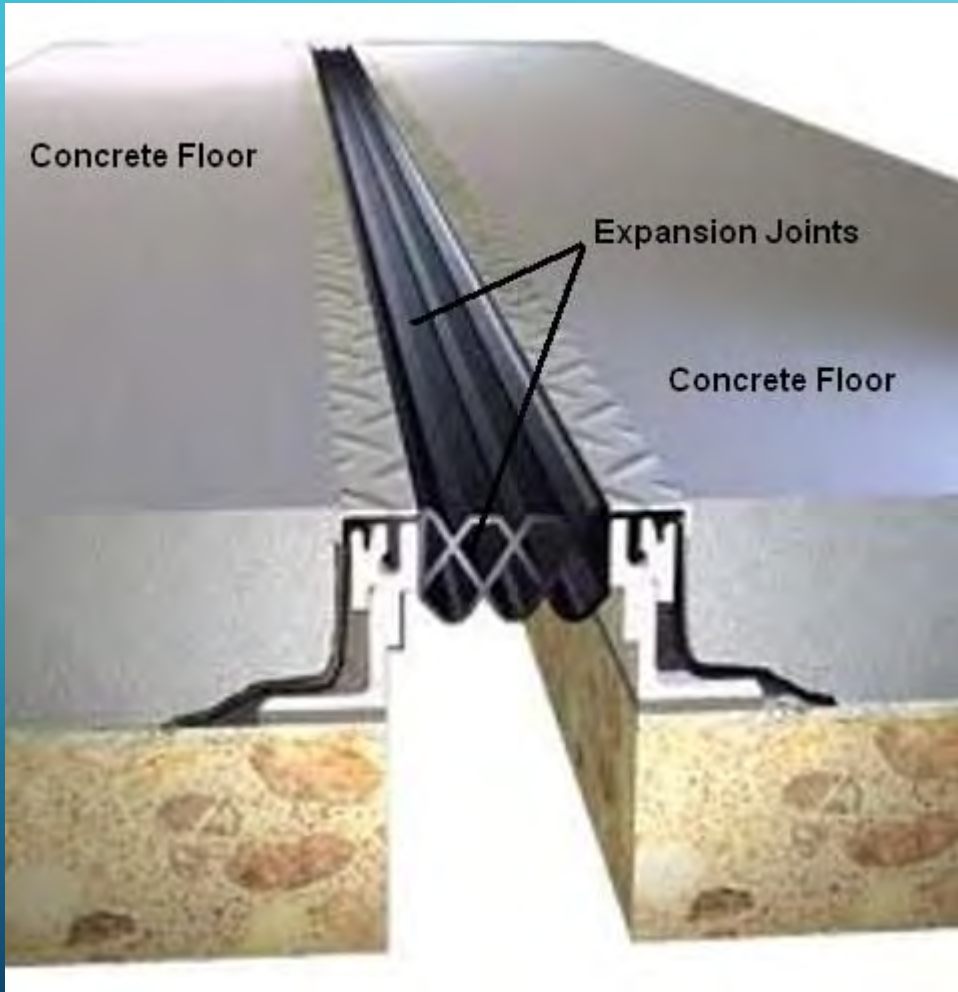


Figure 5. A close-up of the flashing covering the seismic gap.



Contoh sambungan dua bangunan terpisah dengan *expansion joint*

Sumber: Charleson (2022)



Kekakuan

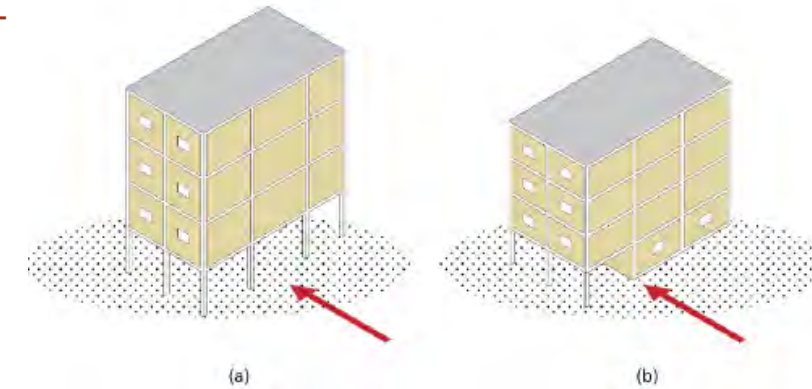
- Kekakuan lateral struktur bangunan harus beraturan tanpa adanya tingkat lunak.
- Perbedaan kekakuan antar tingkat harus kurang dari 30% atau kurang dari 20% rata-rata kekakuan 3 tingkat di atasnya.
- Ketidakberaturan kekakuan dapat menyebabkan respon dinamik bangunan yang tidak beraturan dan menyebabkan konsentrasi kerusakan pada tingkat yang lemah.



Article 12. A Common Structural Weakness to Avoid: A Discontinuous Wall

For buildings that use walls to resist horizontal earthquake shaking, it is vitally important that the walls rise vertically from the foundations of the building and continue uninterrupted to roof level. This principle, that walls should be continuous, applies regardless of the material of construction, be it reinforced concrete or masonry. It also applies even if the walls are infill walls and are not primary structural elements. The strength and stiffness of infill walls mean that to a large extent they act as structural members even if not intended by the designers.

There are two main types of discontinuous wall layouts. The first is where a column and beam framework has all but one story infilled (Figure 1a). Usually the open story is at the ground floor. This arrangement most likely will lead to a soft story during a damaging earthquake. The danger of a soft story is discussed in the previous article, Article 11, of this series.



Soft story building: bagian bawah tidak lebih kaku daripada bagian atas: berbahaya

Figure 1. Two types of discontinuous walls. In (a) there are no infills at the ground floor, and in (b) the ground floor infill wall is off-set relative to the wall above.

The second type of discontinuous walls occurs where walls are off-set in plan (Figure 1b). There may be infill walls in every story, but at the ground level the wall is set back inside the building compared to the walls above. The upper walls therefore project out beyond the lowest wall (Figure 2). An off-set creates a serious local weakness in a wall, especially when it tries to resist horizontal earthquake forces. An off-set wall is like a tree with a kink in it (Figure 3). A strong wind will probably break the tree at the kink. Forces within any structure don't like changing direction abruptly. So, how to overcome this problem?



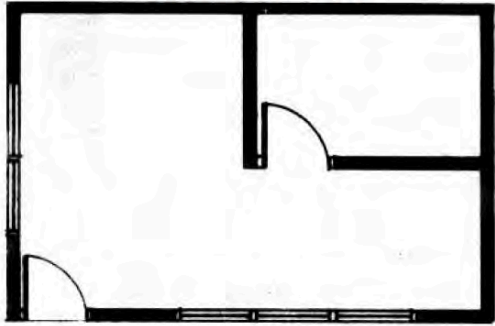
Figure 2. Buildings with off-set infill walls line this street.



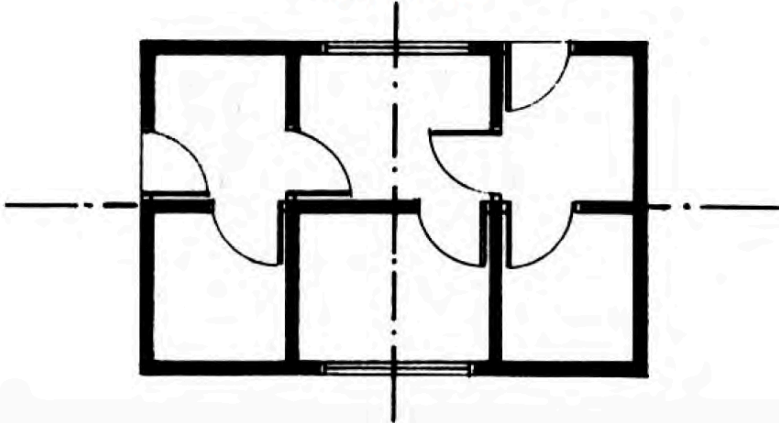
2. Penempatan dinding-dinding penyekat dan lubang-lubang pintu/jendela diusahakan sedapat mungkin simetris terhadap sumbu-sumbu denah bangunan.

Contoh:

KURANG BAIK



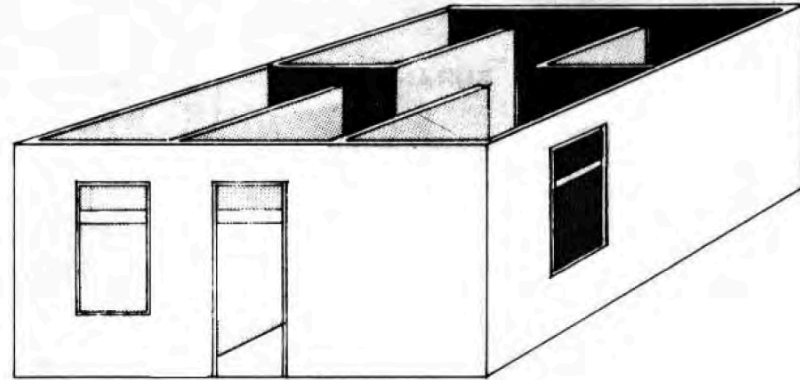
SEBAIKNYA



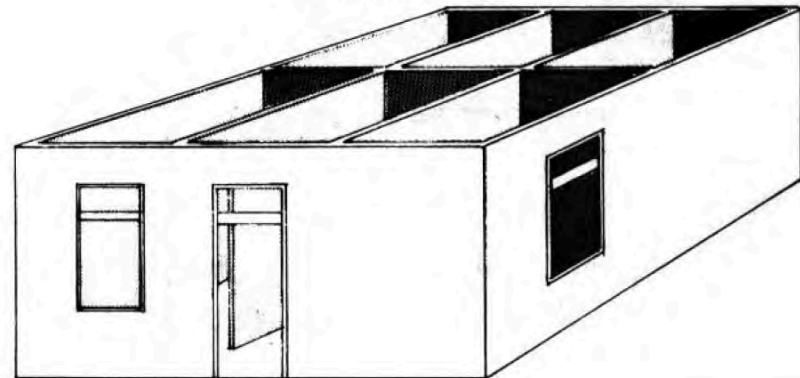
3. Bidang-bidang dinding sebaiknya membentuk kotak-kotak tertutup

Contoh:

KURANG BAIK



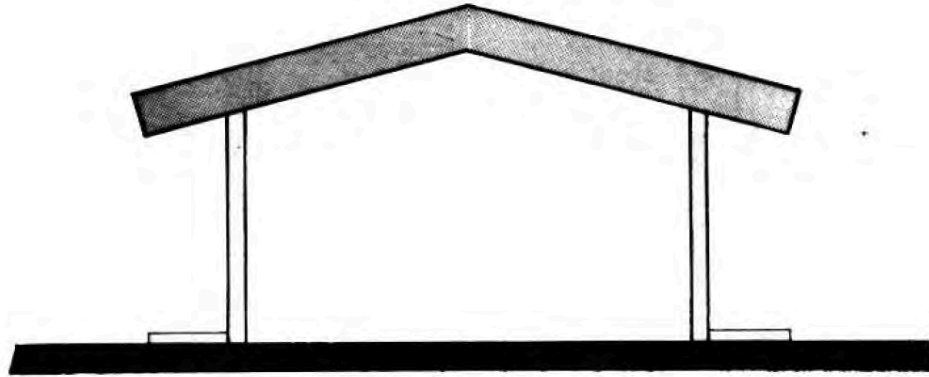
SEBAIKNYA



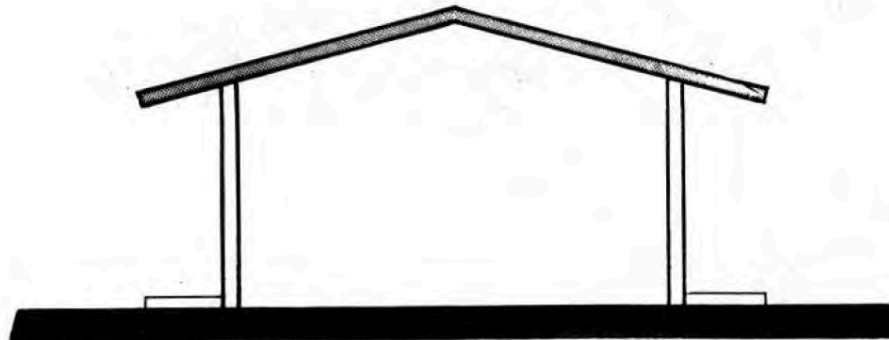


4. Atap sedapat mungkin dibuat yang ringan

KURANG BAIK

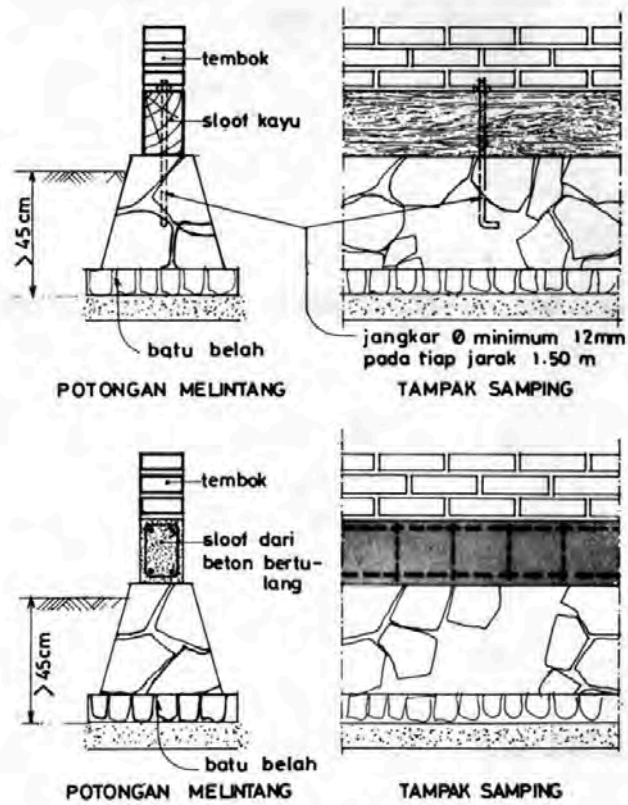


SEBAIKNYA

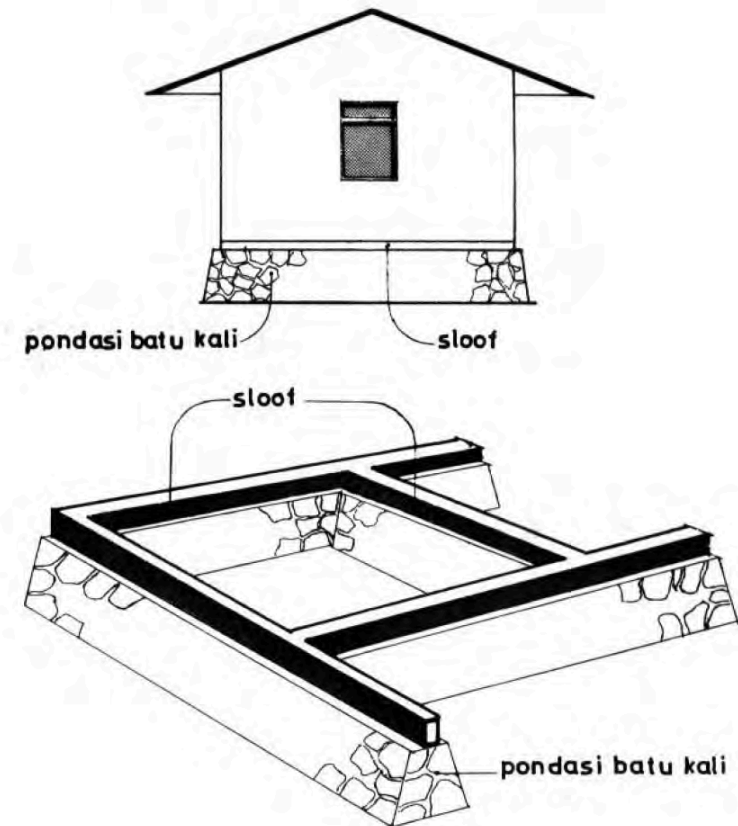


PONDASI

1. Alangkah baiknya bila tanah dasar pondasi merupakan tanah yang kering, padat dan merata kekerasannya. Dasar pondasi sebaiknya terletak lebih dalam dari 45 cm dibawah permukaan tanah asli.

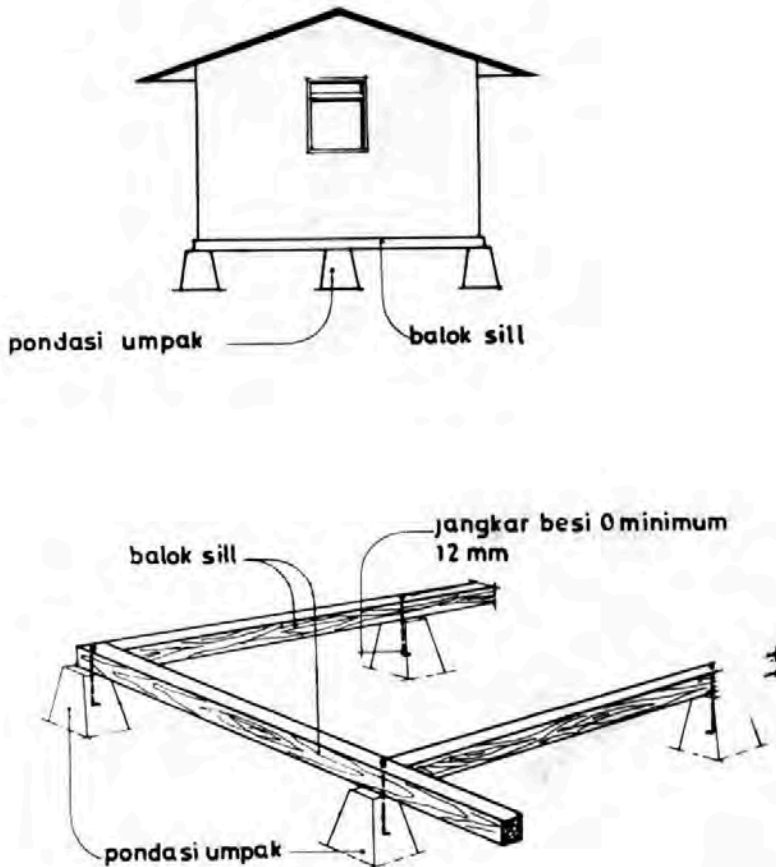


2. Pondasi sebaiknya dibuat menerus keliling bangunan tanpa terputus. Pondasi dinding-dinding penyekat juga dibuat menerus. Bila pondasi terdiri dari batuan kali, maka perlu dipasang balok pengikat/sloof sepanjang pondasi tersebut.

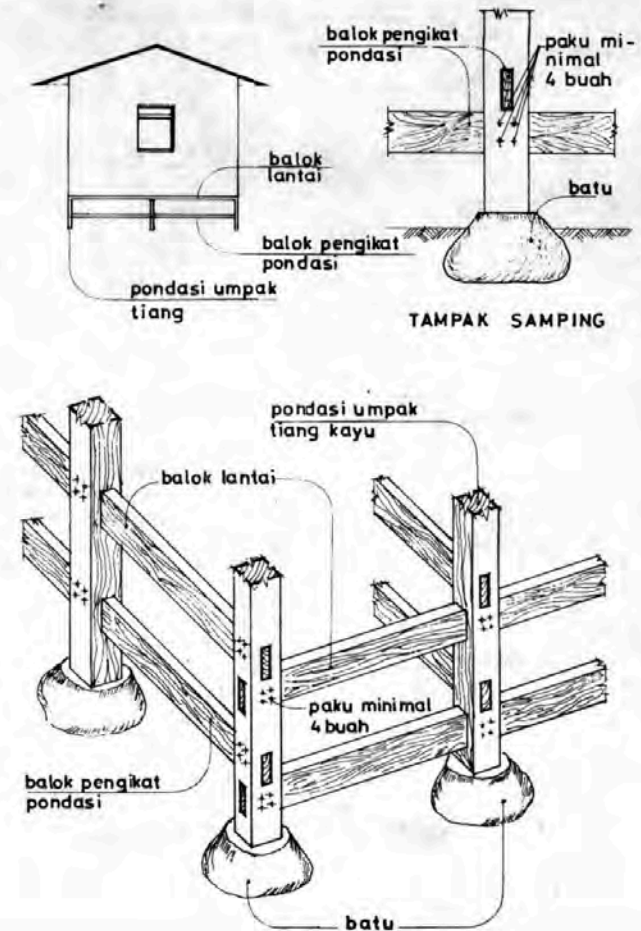


3. Pondasi-pondasi setempat perlu diikat kuat satu sama lain dengan memakai balok pondasi (sloof).

a. Pondasi Umpak

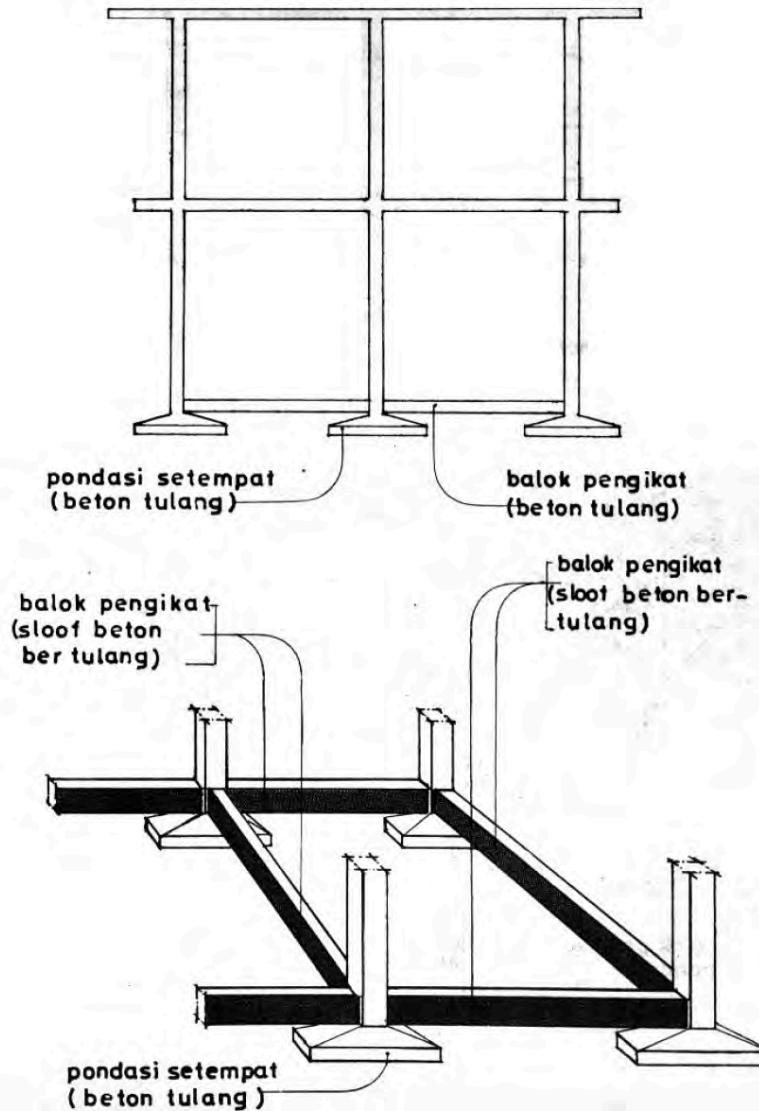


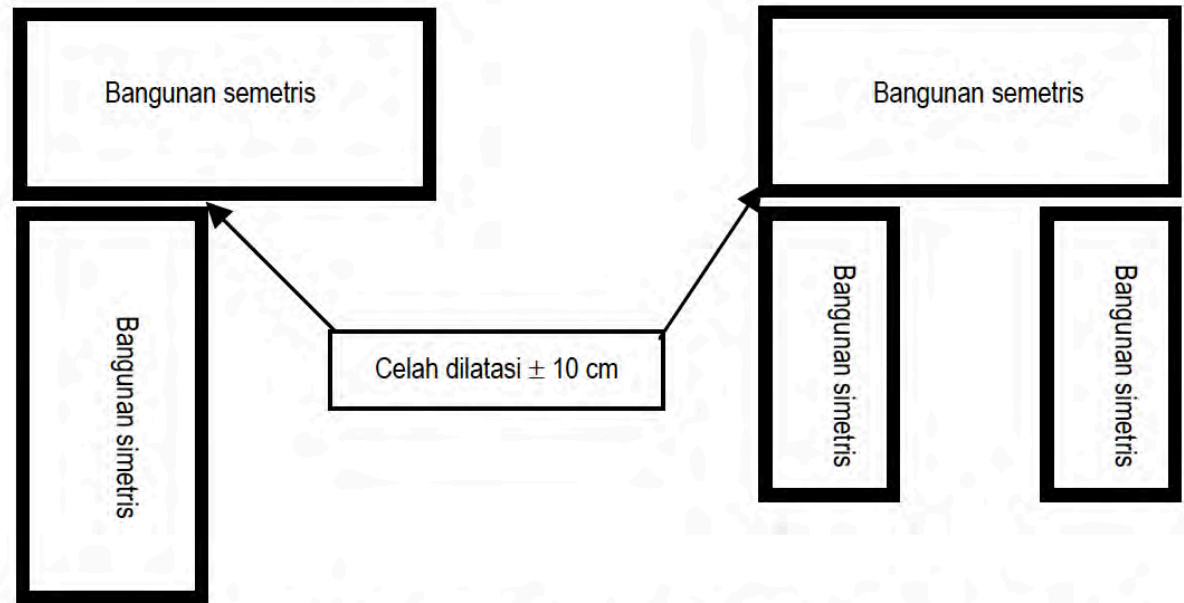
b. Pondasi Umpak Tiang Kayu





c. Pondasi setempat beton bertulang





Gambar 10 Denah bangunan gedung yang terdiri dari rangkaian bangunan simetris

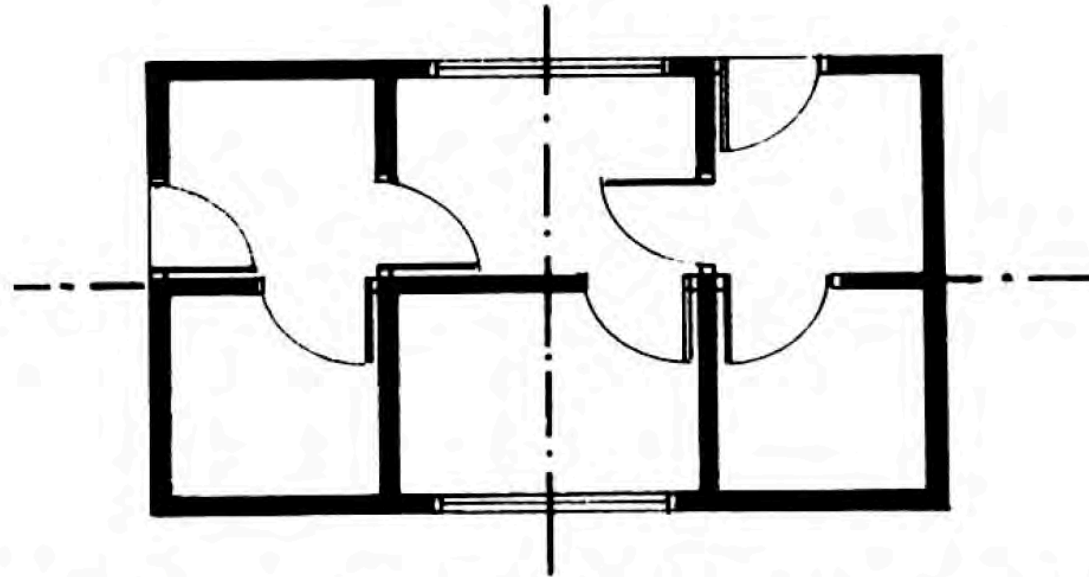
1.5.2 Denah bangunan

Denah yang baik untuk bangunan gedung dan rumah di daerah gempa adalah sebagai berikut:

- Denah bangunan gedung dan rumah sebaiknya sederhana, simetris terhadap kedua sumbu bangunan dan tidak terlalu panjang. Perbandingan lebar bangunan dengan panjang 1:2.
- Bila dikehendaki denah bangunan gedung dan rumah yang tidak simetris, maka denah bangunan tersebut harus dipisahkan dengan alur pemisah sedemikian rupa sehingga denah bangunan merupakan rangkaian dari denah yang simetris.

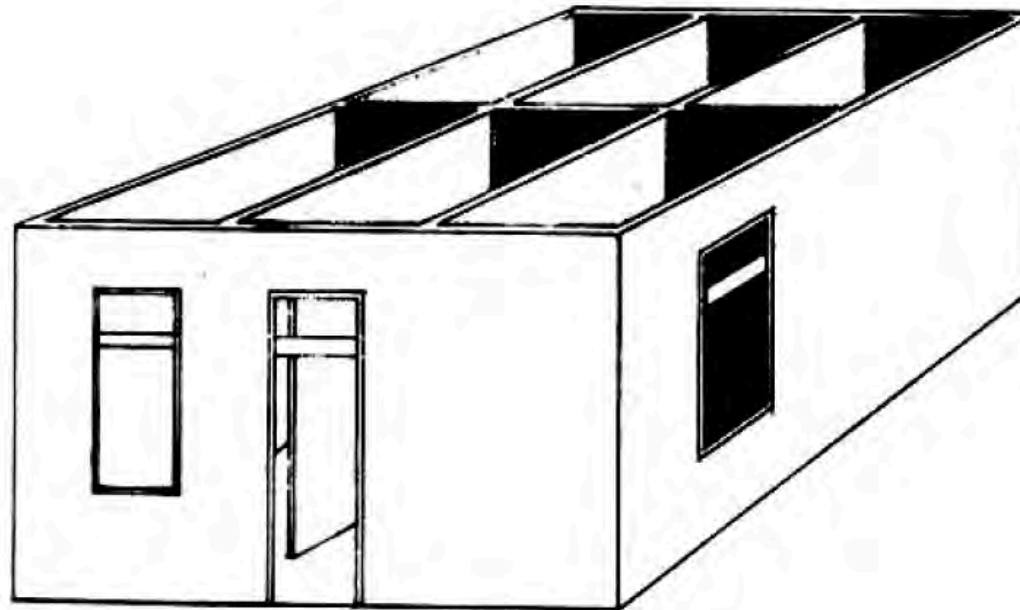
Sumber: PTSBKB (2002)

- c. Penempatan dinding-dinding penyekat dan bukaan pintu / jendela harus dibuat simetris terhadap sumbu denah bangunan.



Gambar 11 Contoh penempatan dinding penyekat

- d. Bidang dinding harus dibuat membentuk kotak-kotak tertutup, seperti gambar 12.



Gambar 12 Bidang dinding pada bangunan gedung



1.5.3 Lokasi bangunan

Untuk menjamin keamanan bangunan gedung dan rumah terhadap gempa, maka dalam memilih lokasi dimana bangunan akan didirikan harus memperhatikan :

- a. Bila bangunan gedung dan rumah akan dibangun pada lahan perbukitan, maka lereng bukit harus dipilih yang stabil agar tidak longsor pada saat gempa bumi terjadi.
- b. Bila bangunan gedung dan rumah akan dibangun di lahan dataran, maka bangunan tidak diperkenankan dibangun di lokasi yang memiliki jenis tanah yang sangat halus dan tanah liat yang sensitif (tanah mengembang).



Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung SNI 1726:2019, Jakarta, BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung SNI 03-1726-2002, Jakarta, BSN.
- Charleson, A. (2022). Earthquake-safe Buildings: A Series of Educational Articles for Developing Nations to Improve the Earthquake Safety of Buildings, A Publication of the World Housing Encyclopedia, Earthquake Engineering Research Institute (EERI).
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (1993). Lampiran Surat Keputusan Direktur Jenderal Cipta Karya No. 111/KPTS/CK/1993, Tanggal 28 September 1993, Pedoman Pembangunan Bangunan Tahan Gempa, Jakarta, Departemen Pekerjaan Umum.
- Faizal, L., Pusat Penelitian dan Pengembang Perumahan dan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). Seminar Nasional “Membangun Kapasitas dan Kesiapsiagaan Nasional dalam Menghadapi Ancaman Gempabumi dan Tsunami; Menuju Pembangunan yang Lebih Aman Bencana, Jakarta.
- Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi Dan Bangunan (Ptsbkb), Gugus Kerja Bidang Struktur Dan Konstruksi Bangunan, Sub Panitia Teknik Standarisasi Bidang Permukiman. (2002). *Pedoman Teknis Rumah Dan Bangunan Gedung Tahan Gempa*. Jakarta. Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum.