



**Perancangan Struktur Beton**

# Dasar-Dasar Perancangan Struktur Tahan Gempa

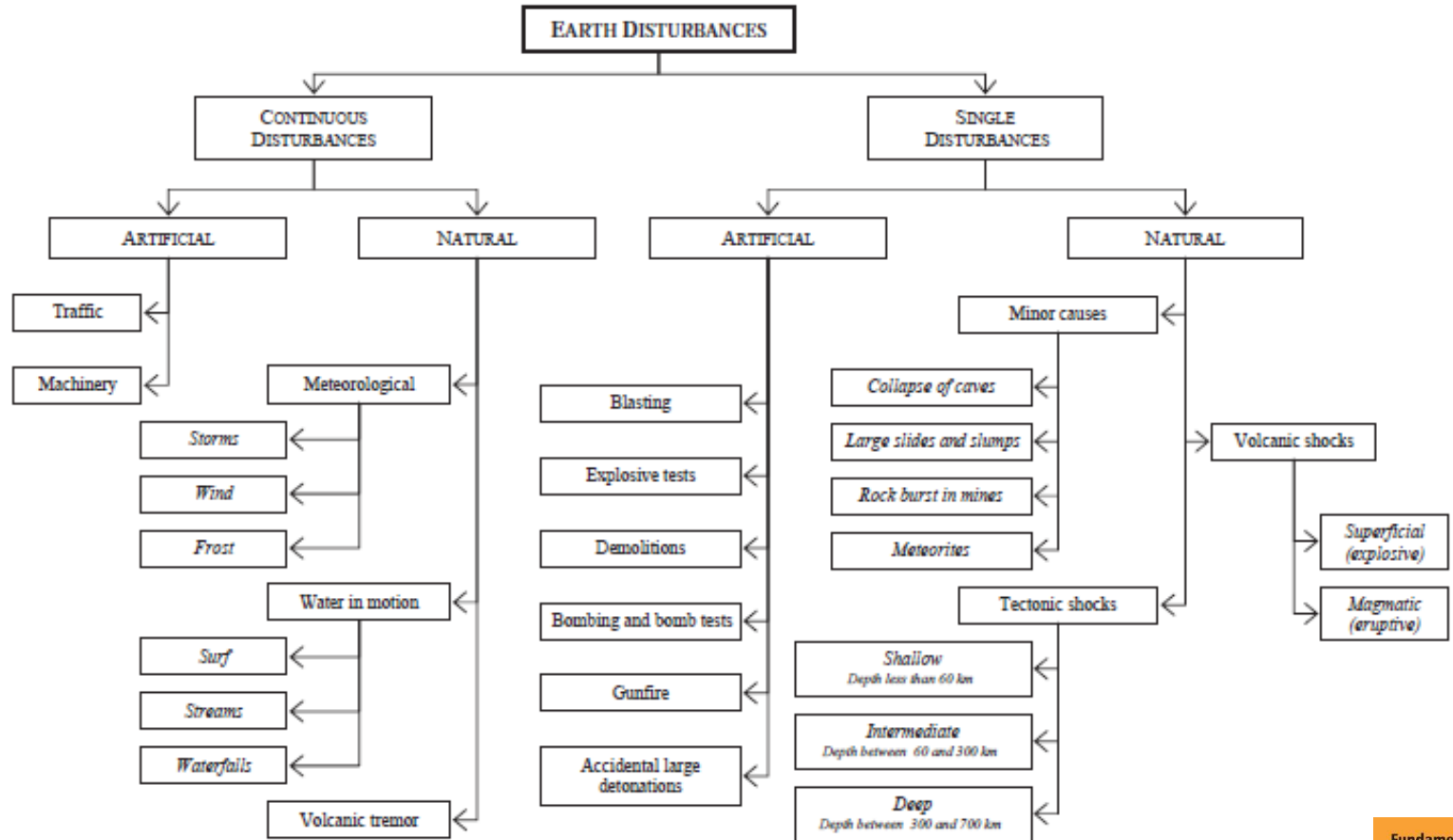
**Dr. Eng. Halwan Alfisa Saifullah**

*Jurusan Teknik Sipil - Universitas Sebelas Maret*

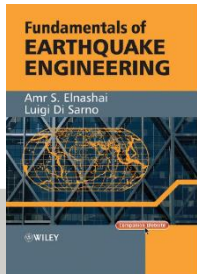
[halwan@ft.uns.ac.id](mailto:halwan@ft.uns.ac.id)



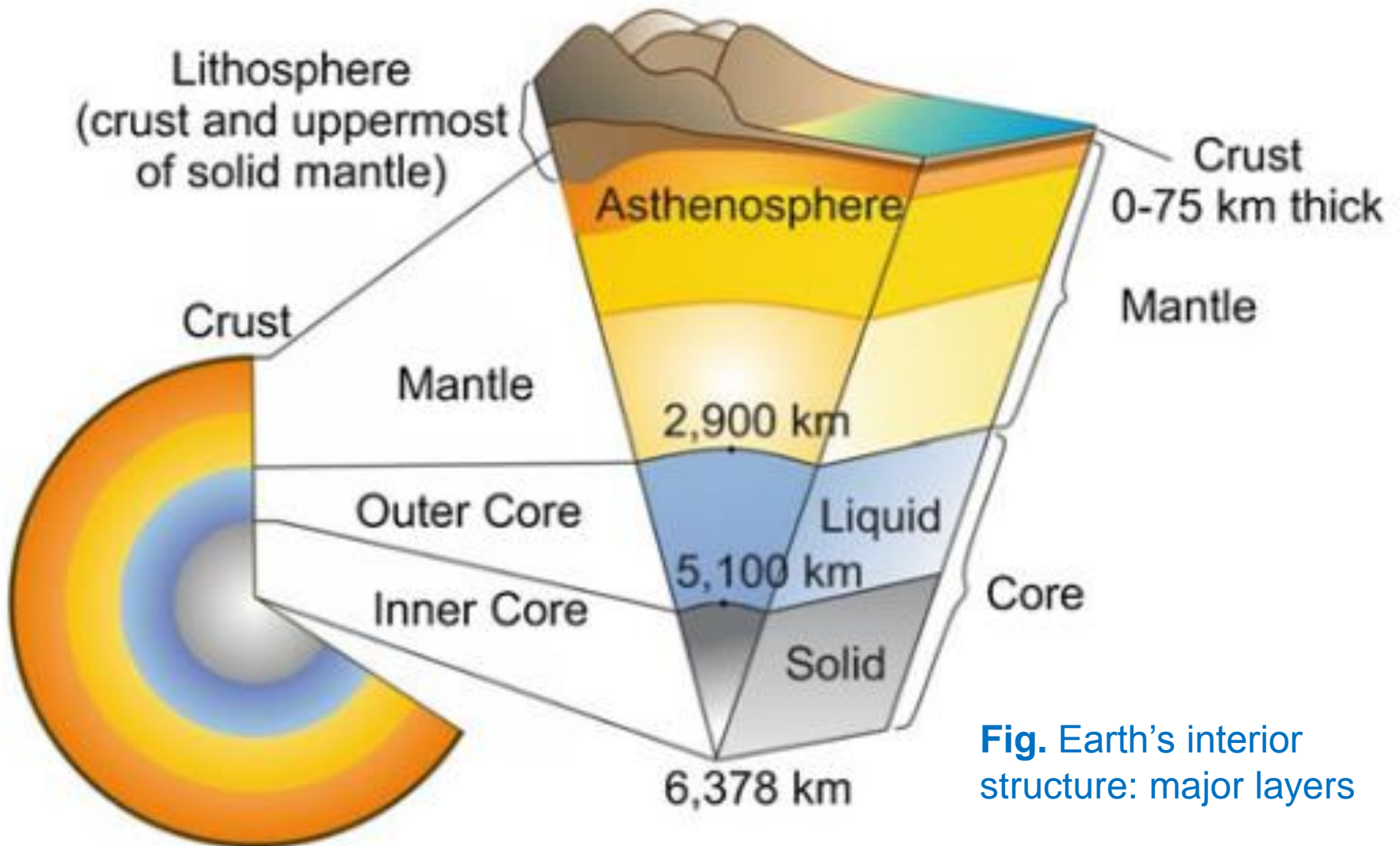
# Gempa Bumi



An earthquake is manifested as ground shaking caused by the **sudden release of energy** in the Earth 's crust.

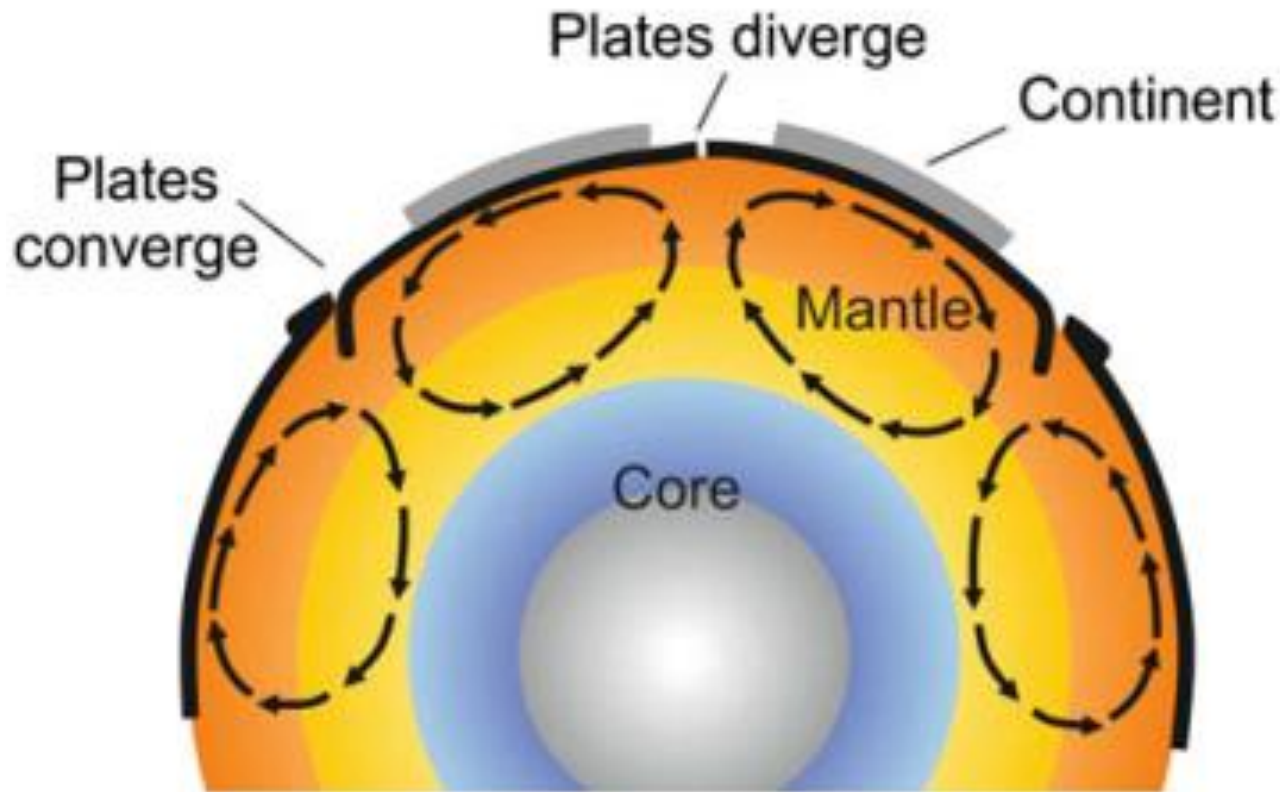


# Struktur Bumi



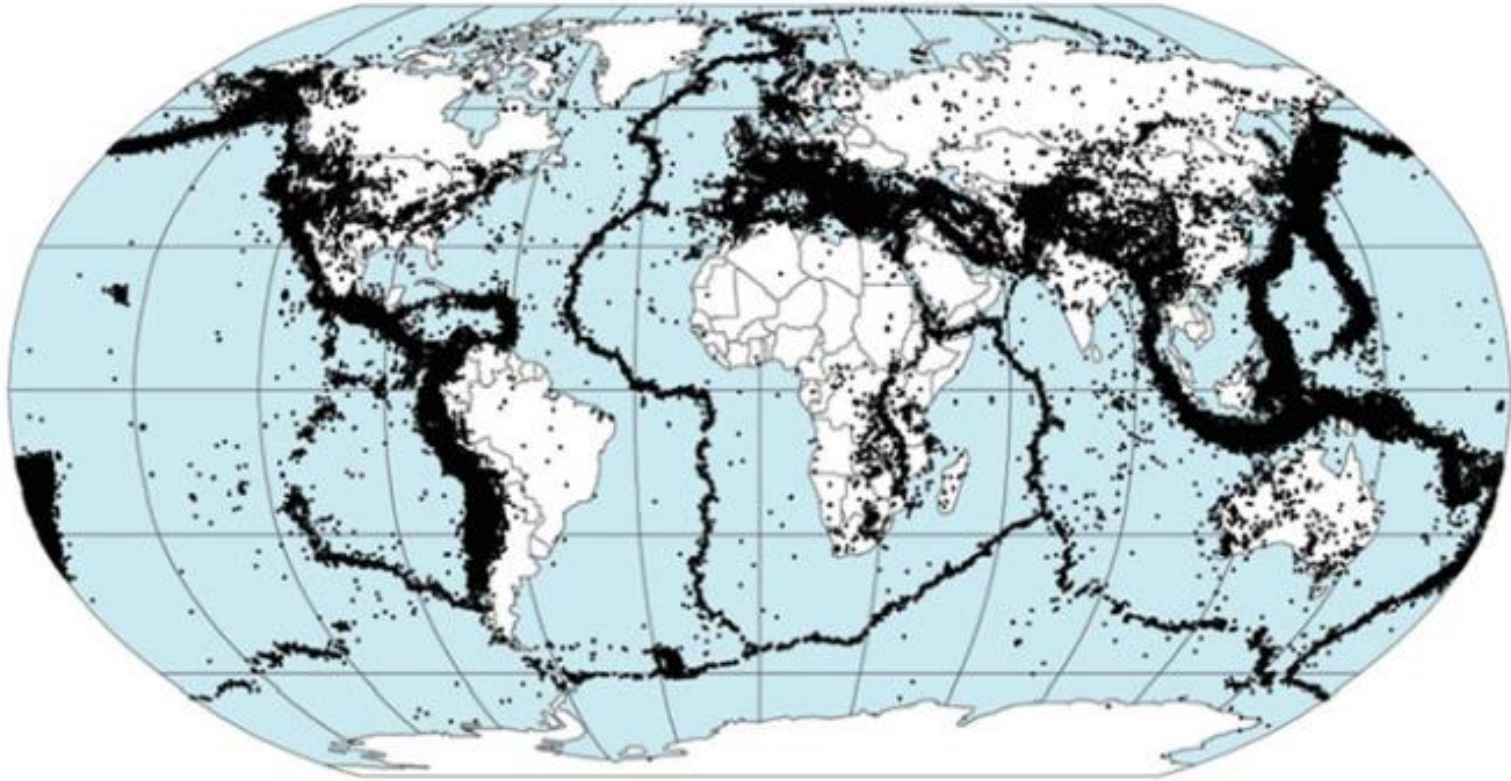
**Fig.** Earth's interior structure: major layers

# Transfer Panas Lapisan Bumi



**Fig.** Heat convection mechanism and the relative motion of lithospheric plates due to heat convection currents (modified from Press and Siever 1986)

# Teori Pelat Tektonik



**Fig.** Earthquake activity around the world in the period from 1977 to 1994  
(<http://denali.gsfc.nasa.gov/dtam/seismic/>)



# Bangunan Tahan Gempa

- Apakah struktur bangunan harus didesain untuk dapat **menahan gaya gempa besar** (yang periode ulangnya 500-2500 tahun) selama umur rencana bangunan (yang hanya 50-100 tahun)?
- Apakah bangunan **harus sangat kuat** sehingga tidak boleh sama sekali rusak ketika terjadi gempa besar?
- Apakah boleh bangunan **sangat rentan** akibat beban gempa karena kekuatannya sangat terbatas?
- Bangunan tahan gempa (*earthquake resistant building*) adalah bangunan yang **relatif kuat** terhadap bahaya gempa tetapi pembangunannya **relatif tidak mahal**.

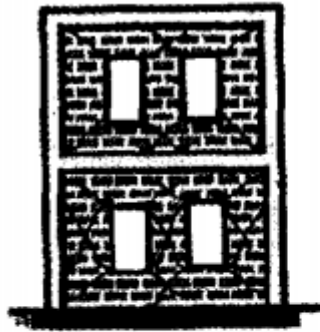


# Bangunan Tahan Gempa

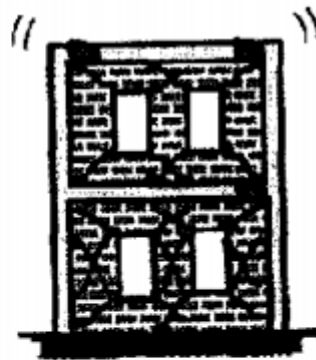
- Pada **gempa kecil** (*minor earthquake*) yang sering terjadi, maka struktur utama bangunan harus **tidak rusak** dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil pada elemen non-struktural masih ditoleransi.
- Pada **gempa menengah** (*moderate earthquake*) yang relatif jarang terjadi, maka struktur utama bangunan **boleh rusak/retak ringan** tetapi masih dapat/ekonomis untuk diperbaiki. Elemen non-struktur dapat saja rusak tetapi masih dapat diganti dengan yang baru.
- Pada **gempa kuat** (*strong earthquake*) yang jarang terjadi, maka struktur bangunan **boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total**. Kondisi ini melindungi penghuni bangunan.



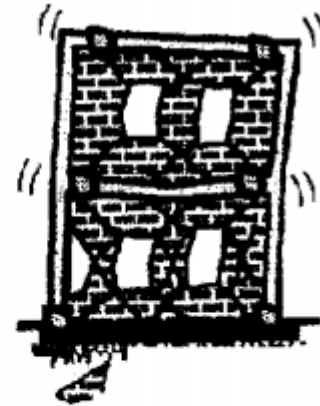
# Bangunan Tahan Gempa



Gempa Minor



Gempa Sedang



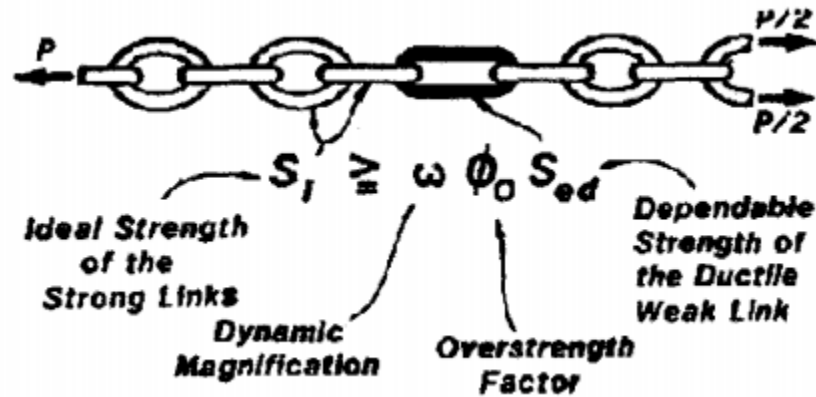
Gempa Kuat



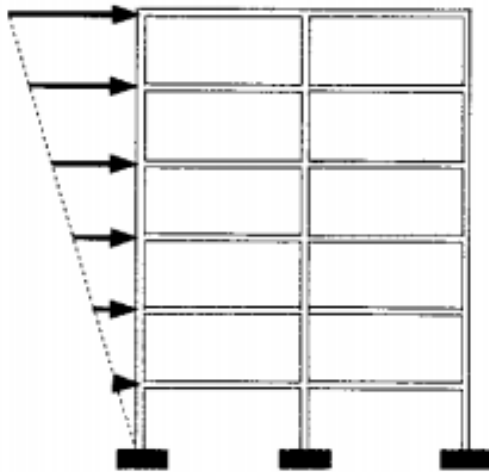


# Desain Kapasitas

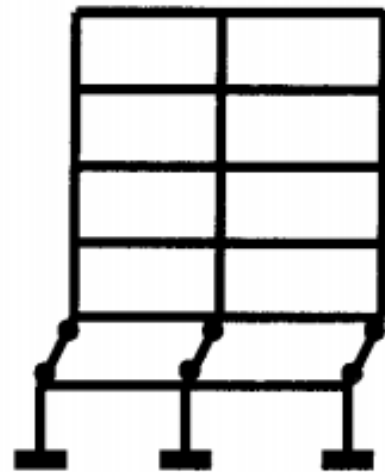
- Pada desain kapasitas, salah satu elemen (dalam hal ini balok) sengaja dibuat lemah (**weak link**). Karena berfungsi sebagai elemen lemah, maka elemen yang bersangkutan akan mengalami tegangan leleh pertama kali akan tetapi harus didesain sangat daktail, sehingga tidak runtuh total. Elemen selain balok (kolom, join, pondasi) didesain lebih kuat dari balok (prinsip “**strong column weak beam**”).



# Desain Kapasitas

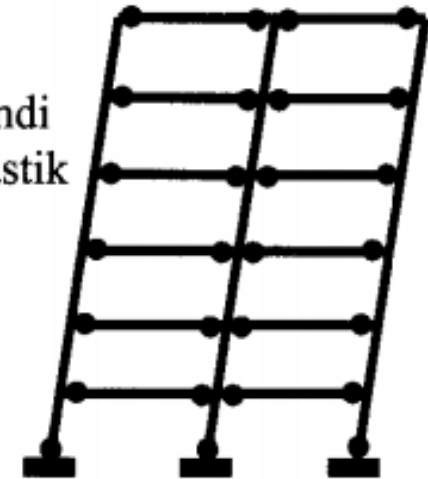


a) Portal terbuka



b) Column Sway Mechanism

• Sendi plastik



c) Beam Sway Mechanism



# Konsep Desain Terhadap Beban Gempa

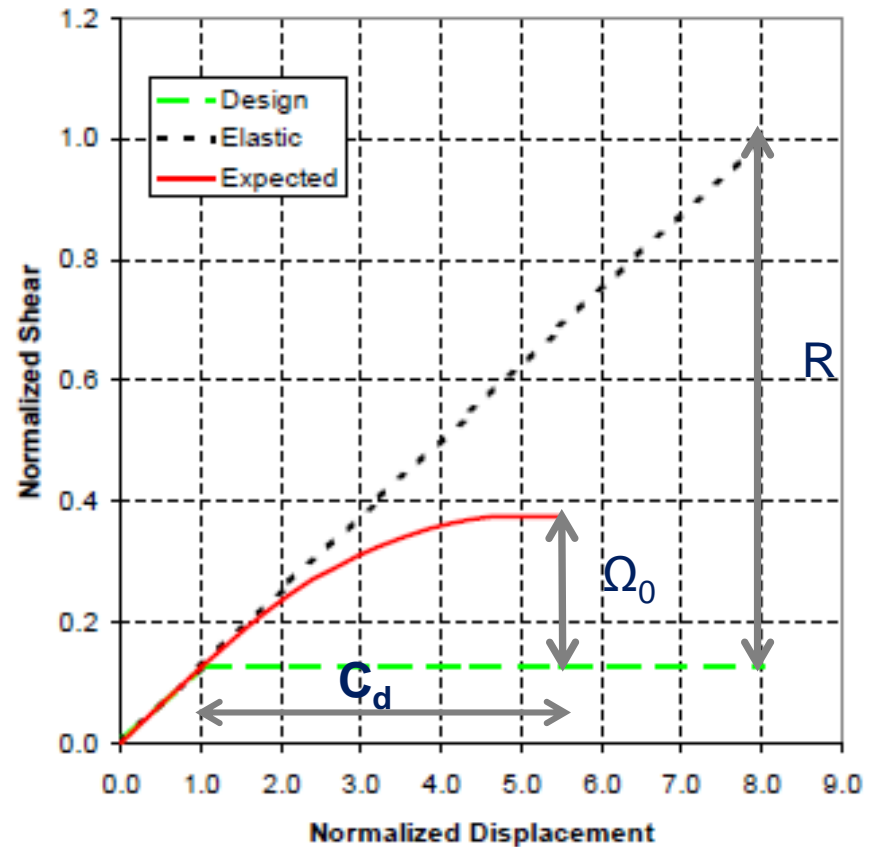
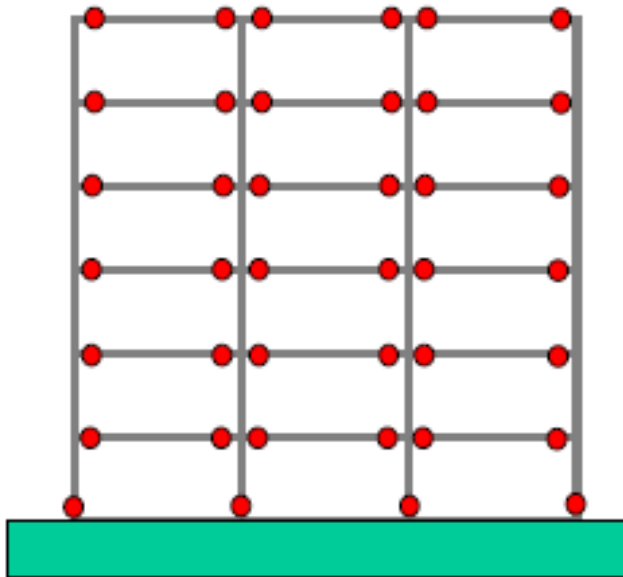
- Gempa rencana periode ulang 2500 tahun (SNI 1726-2013).
- Faktor modifikasi respons struktur (faktor ***R***).
- Ada elemen-elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan yang lain (desain kapasitas).
- Pada perencanaan elemen struktur yang diharapkan tetap elastis perlu diaplikasikan faktor ***overstrength*** (kuat lebih).
- Elemen-elemen struktur bangunan yang diharapkan mengalami plastifikasi harus diberi ***detailing*** penulangan yang memadai agar perilakunya tetap stabil walaupun telah mengalami deformasi inelastis yang besar.



# Special Steel Moment Frame

$R$	8
$C_d$	5.5
$\Omega_0$	3

A	B	C	D	E	F
NL	NL	NL	NL	NL	NL



## Advantages:

Architectural simplicity, relatively low base shear

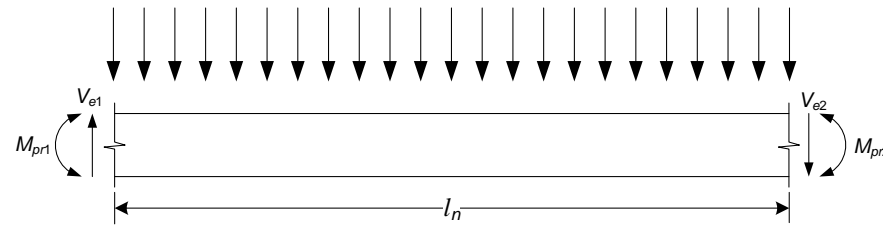
## Disadvantages:

Drift control, connection cost, connection testing

# Desain Kapasitas

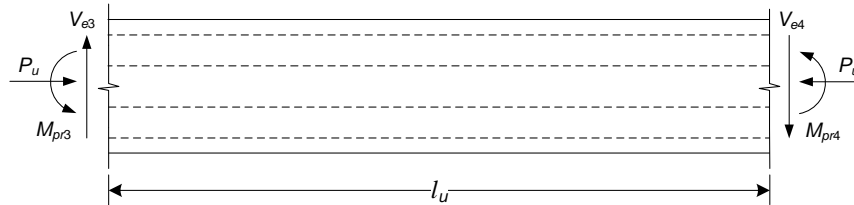
Untuk balok: 
$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2}$$

Beban gravitasi  $W_u = 1,2D + 1,0L$

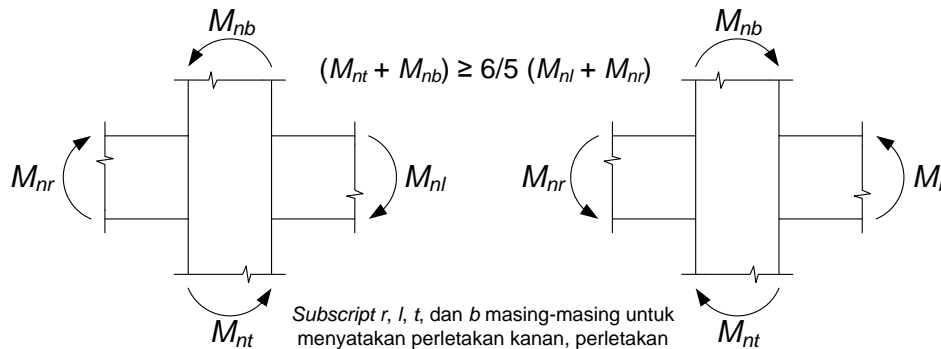


Momen ujung  $M_{pr}$  didasarkan pada tegangan tarik  $1,25f_y$

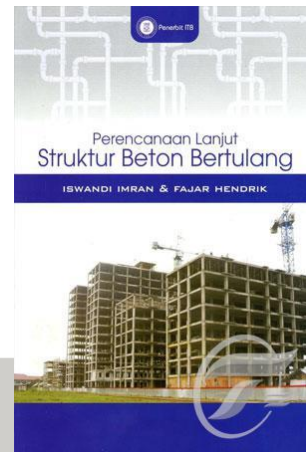
Untuk kolom: 
$$V_{e3,4} = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{l_u}$$



Momen ujung  $M_{pr}$  didasarkan pada tegangan tarik  $1,25f_y$



Subscript *r, l, t, dan b* masing-masing untuk menyatakan perletakan kanan, perletakan kiri, puncak kolom, dan dasar kolom





# Persyaratan Material

- Berdasarkan SNI Beton Pasal 21.1.4.2, kuat tekan,  $f'_c$ , untuk material beton yang digunakan pada struktur bangunan tahan gempa sebaiknya tidak kurang daripada **21 MPa**. Selain itu, Pasal 21.1.4.3 lebih jauh membatasi penggunaan mutu beton tidak melebihi **35 MPa** apabila digunakan **beton ringan**.
- SNI Beton yang berlaku saat ini hanya mengizinkan penggunaan baja tulangan polos pada tulangan spiral. Sedangkan untuk penulangan lainnya, disyaratkan untuk menggunakan baja **tulangan ulir**. SNI Beton membatasi nilai kuat leleh yang disyaratkan untuk bahan baja tulangan sebesar **400 MPa**.



# Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa

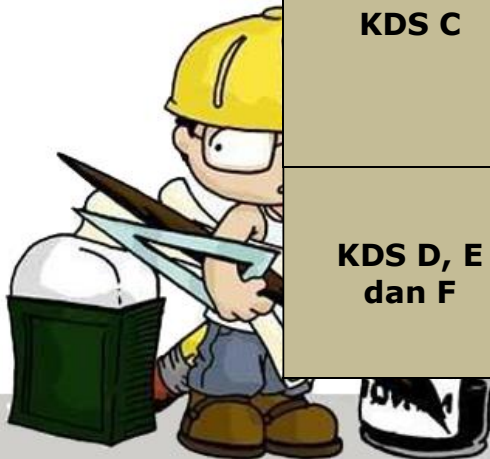
Standar atau Aturan	Tingkat Risiko Seismik atau Kategori Desain Seismik		
SNI 2847-2002	Risiko Seismik Rendah	Risiko Seismik Menengah	Risiko Seismik Tinggi
SNI 1726-2002	Zona 1, 2	Zona 3,4	Zona 5, 6
SNI 1726-2012 dan SNI 2847:2013	KDS* A, B	KDS C	KDS D, E, F

- KDS D, E atau F >> persyaratan *detailing* yang khusus atau memiliki tingkat daktilitas penuh.
- KDS C >> direncanakan minimum dengan menggunakan sistem struktur yang memenuhi persyaratan *detailing* menengah atau memiliki paling tidak tingkat daktilitas sedang.

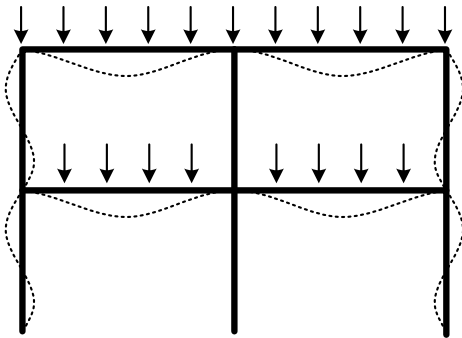


# Sistem Struktur Beton Bertulang Penahanan Gempa

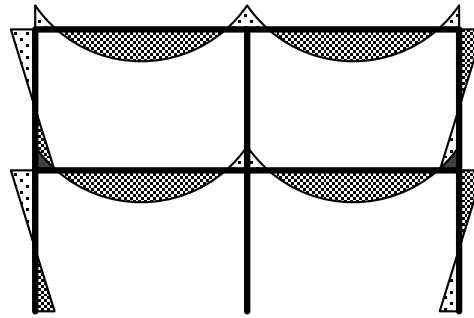
Kategori Desain Seismik	Jenis Struktur yang Dapat Digunakan	Faktor Modifikasi Respons Berdasarkan SNI Gempa
<b>KDS B</b>	Sistem Rangka Pemikul Momen <ul style="list-style-type: none"> <li>- SRPMB (Pasal 21.2)</li> <li>- SRPMM (Pasal 21.3)</li> <li>- SRPMK (Pasal 21.5 - 21.8)</li> </ul>	3 5 8
	Sistem Dinding Struktural <ul style="list-style-type: none"> <li>- SDSB</li> <li>- SDSK (Pasal 21.9)</li> </ul>	4 ~ 5 5 ~ 6
<b>KDS C</b>	Sistem Rangka Pemikul Momen <ul style="list-style-type: none"> <li>- SRPMM (Pasal 21.3)</li> <li>- SRPMK (Pasal 21.5 - 21.8)</li> </ul>	5 8
	Sistem Dinding Struktural <ul style="list-style-type: none"> <li>- SDSB</li> <li>- SDSK (Pasal 21.9)</li> </ul>	4 ~ 5 5 ~ 6
<b>KDS D, E dan F</b>	Sistem Rangka Pemikul Momen <ul style="list-style-type: none"> <li>- SRPMK (Pasal 21.5 - 21.8)</li> </ul>	8
	Sistem Dinding Struktural <ul style="list-style-type: none"> <li>- SDSK (Pasal 21.9)</li> </ul>	5 ~ 6



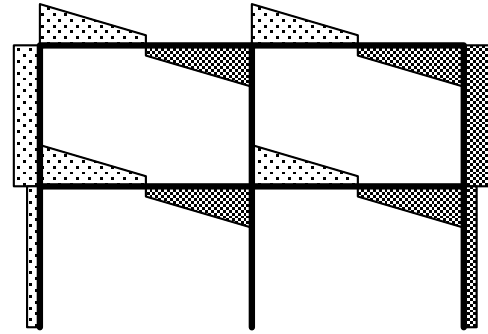
# Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa



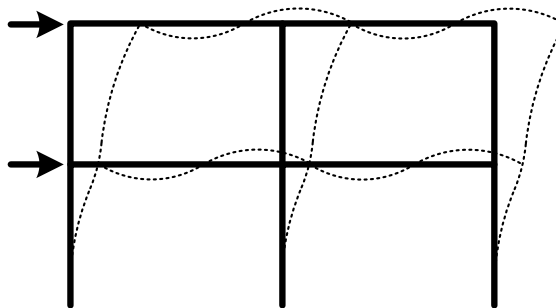
Pembebanan dan deformasi struktur



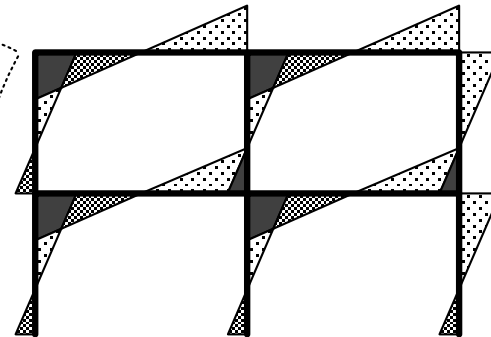
Momen (a)



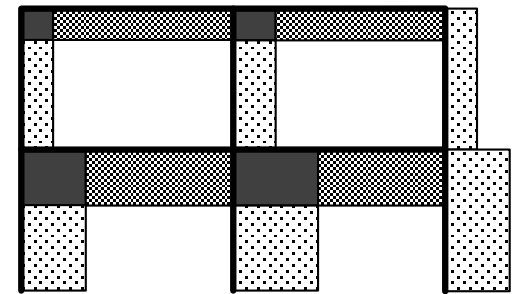
Geser



Pembebanan dan deformasi struktur



Momen (b)



Geser



# Sistem Struktur Beton Bertulang Penahanan Gempa

