

Minggu 5, Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi

# SUSUNAN-SUSUNAN STRUKTUR

NDARU HARIO SUTAJI, M.T.

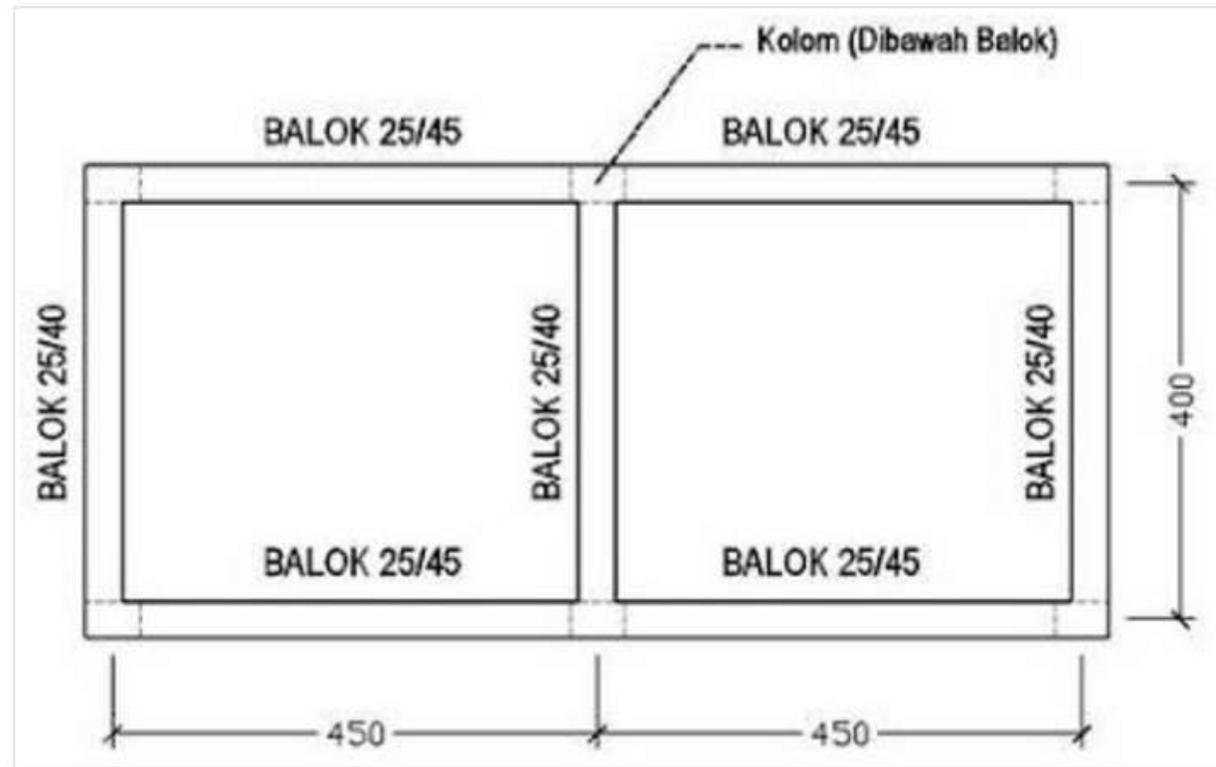


# Beban-beban Rencana

Pembahasan susunan struktur adalah *untuk mengetahui bagaimana susunan-susunan struktur menahan beban-beban yang bekerja padanya.*

Dimulai dengan beban-beban struktur yang dapat ditentukan secara akurat, yaitu **beban-beban mati**, yang merupakan **berat struktur yang tersusun dari bahan-bahan struktur**. Kita dapat secara akurat menentukan beban mati yang ditumpu oleh komponen apapun dari struktur, baik untuk sebuah desain struktur yang baru maupun dari analisis terhadap sebuah struktur yang telah ada. *Ini hanya memerlukan pengetahuan mengenai berat satuan bahan dan jumlah bahan yang digunakan (lihat contoh).*

# Contoh menghitung beban mati

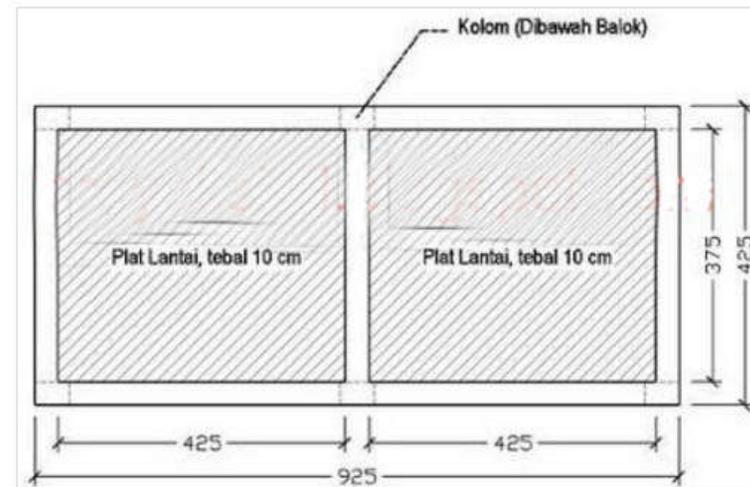


(Denah, Balok diatas Kolom, satuan dalam CM)

$$\text{Volume Balok} = (0,25\text{m} \times 0,45\text{m} \times 4,5\text{m} \times 4 \text{ Unit}) + (0,25 \times 0,40 \times 4\text{m} \times 3 \text{ Unit}) = 3,225 \text{ m}^3$$

Hasil ini digunakan untuk mendapatkan berat  
(dikalikan dengan berat satuan bahan)

# menghitung volume plat



Untuk Perhitungan Volume Plat Lantai Beton biasa dilakukan dalam 2 cara (atas 2 Kepentingan), yaitu:

## 1. Volume Bersih Plat Lantai Beton (tidak termasuk Volume Plat Lantai diatas Balok)

$$\text{Volume Plat Lantai Beton} = (0,10\text{m} \times 4,25\text{m} \times 3,75\text{m}) \times 2 \text{ Unit} = \mathbf{3,1875 \text{ m}^3}$$

Cara ini biasa dilakukan untuk mengetahui Volume Beton yang diperlukan dalam Rencana Pengecoran, karena ini merupakan Nilai Real volume Beton yang dibutuhkan dalam Pengecoran Plat Lantai nantinya.

## 2. Volume Kotor Plat Lantai Beton (termasuk Volume Plat Lantai diatas Balok)

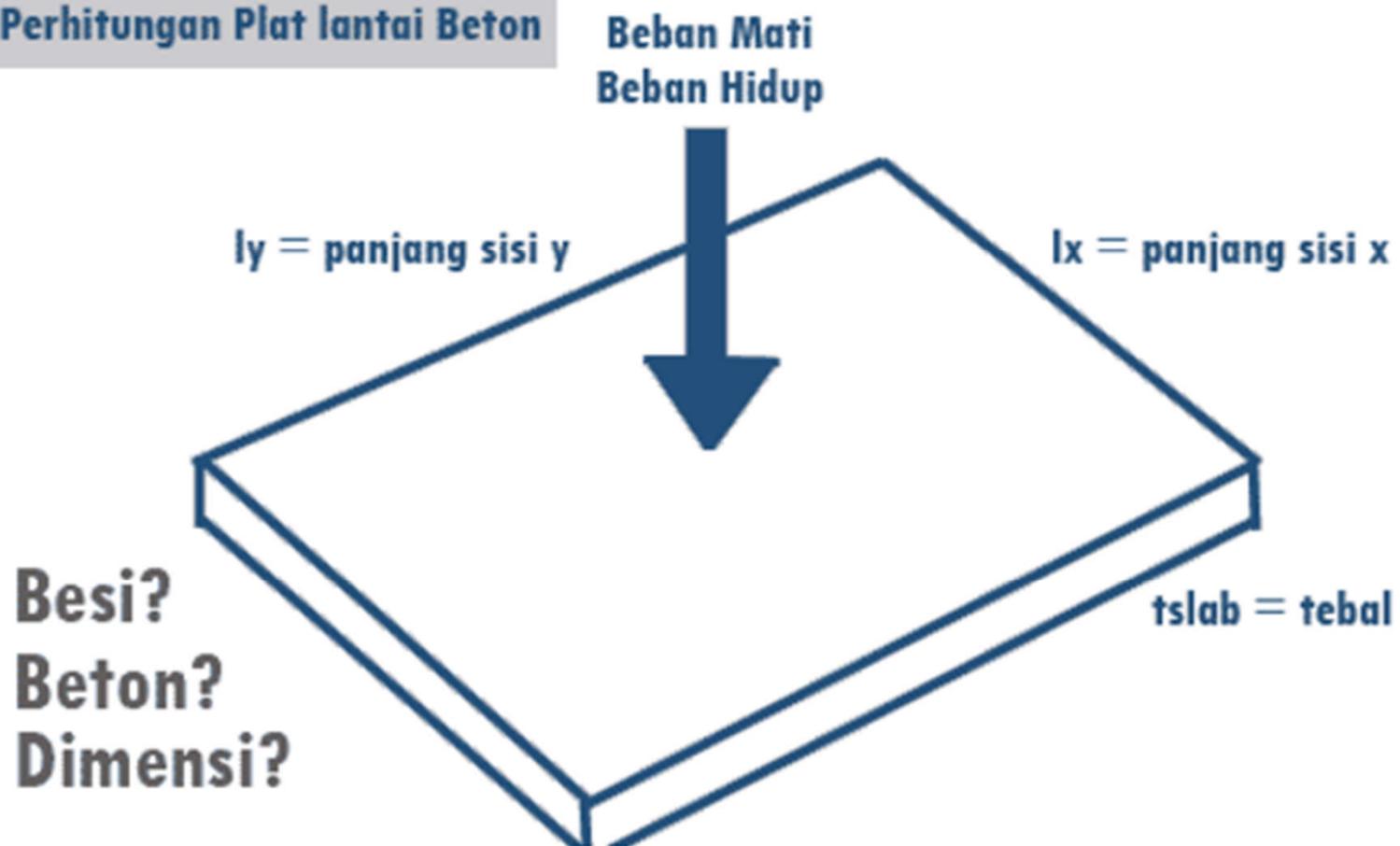
$$\text{Volume Plat Lantai Beton} = (0,10\text{m} \times 9,25\text{m} \times 4,25\text{m}) = \mathbf{3,93125 \text{ m}^3}$$

Cara ini biasa dilakukan untuk mengetahui Volume Beton dalam Menghitung (membuat) Rencana Anggaran Biaya (RAB). Hal ini dilakukan untuk menghindari kerugian dalam Pelaksanaan Pekerjaan dan Akurasi Perhitungan Jumlah Besi Tulangan Plat Lantai Beton tersebut. Karena bagaimanapun juga Pembesian (Tulangan) Plat Lantai dibuat bertumpu pada Balok Beton dibawahnya.

## Contoh perhitungan struktur plat lantai beton bertulang

Misalnya kita akan membuat plat lantai dengan ukuran 3,5m x 3,5m, menggunakan beton K350, diatas plat tersebut akan ditaruh benda dengan berat 388kg/m<sup>2</sup>, dan beban hidup 600kg/m<sup>2</sup>. Nah.. dengan situasi tersebut, berapa tebal platnya? dan berapa besi tulangan yang dibutuhkan? mari kita hitung bersama.

### Perhitungan Plat lantai Beton



$L_y = \text{panjang sisi } y = 3,5 \text{ m.}$

$L_x = \text{panjang sisi } x = 3,5 \text{ m.}$

$L_y/L_x = 1$

$t_{\text{slab}} = \text{tebal plat} = 12 \text{ cm.}$

$t_{\text{cover}} = \text{tebal selimut beton} = 2 \text{ cm.}$

$\text{Kualitas beton} = \text{K } 350 \text{ Kg/m}^2.$

$\text{Tegangan baja} = 4000 \text{ kg/cm}^2.$

Tumpuan menerus 4 sisi

$q_{dl} = \text{beban mati} = \text{berat sendiri} + \text{finishing} + \text{berat plafond}$

$q_{dl} = \text{bs} + \text{fin} + \text{ceil}$

$q_{dl} = \text{beban mati} = 388 \text{ kg/m}^2.$

$q_{ll} = \text{beban hidup} = 600 \text{ kg/m}^2.$

$q_{\text{tot}} = \text{total beban} = 988 \text{ kg/m}^2.$

$q_u = 1,2q_{dl} + 1,6q_{ll} = 1425,6 \text{ kg/m}^2$

$M_{ux} = 0,042 \cdot q_u \cdot l_x^2 = 733,47 \text{ kg/m}^2$

$M_{uy} = 0,042 \cdot q_u \cdot l_y^2 = 733,47 \text{ kg/m}^2$

$A_{stx} = 4,24 \text{ m}^2.$

$A_{sty} = 4,49 \text{ m}^2.$

Sisi Xdir dipasang besi D10-150 dengan luas 5,18 cm<sup>2</sup>.

Sisi Ydir dipasang besi D10-150 dengan luas 5,18 cm<sup>2</sup>.

### **Check kapasitas plat**

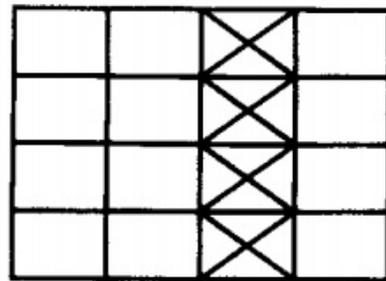
#### **X dir**

- $A_{st \text{ sct}} = 5,181 \text{ cm}^2.$
- $R = 20.724,00 \text{ KG.}$
- $X = 1,36 \text{ CM}$
- $Z = 9,31 \text{ cm.}$
- $M_n = 1.929,24 \text{ kgm.}$
- $\phi = 0,80$
- $M_{ult} = M_{no} = 1.543,39 \text{ kgm.}$
- $M_{ult} = M_{ux} = 2,10$

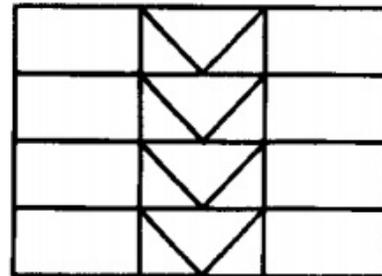
#### **Ydir**

- $A_{st \text{ sct}} = 5,181 \text{ cm}^2.$
- $R = 20.724,00 \text{ KG.}$
- $X = 1,36 \text{ CM}$
- $Z = 8,31 \text{ cm.}$
- $M_n = 1.722,00 \text{ kgm.}$
- $\phi = 0,80$
- $M_{ult} = M_{no} = 1.377,60 \text{ kgm.}$
- $M_{ult} = M_{ux} = 1,88$

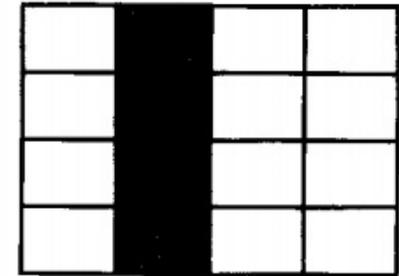
# Pengekangan terhadap gaya lateral



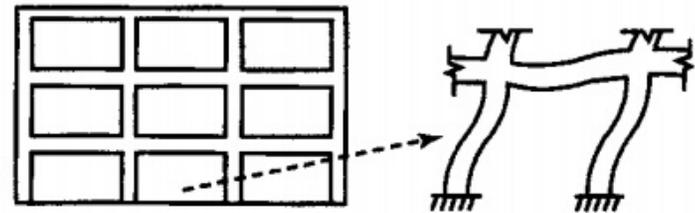
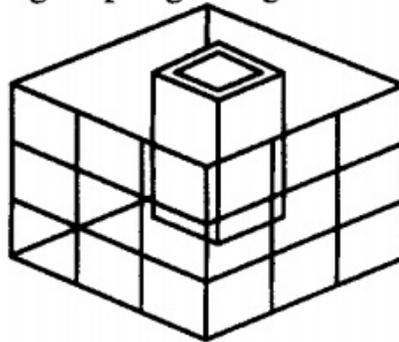
Rangka batang dengan pengekang X



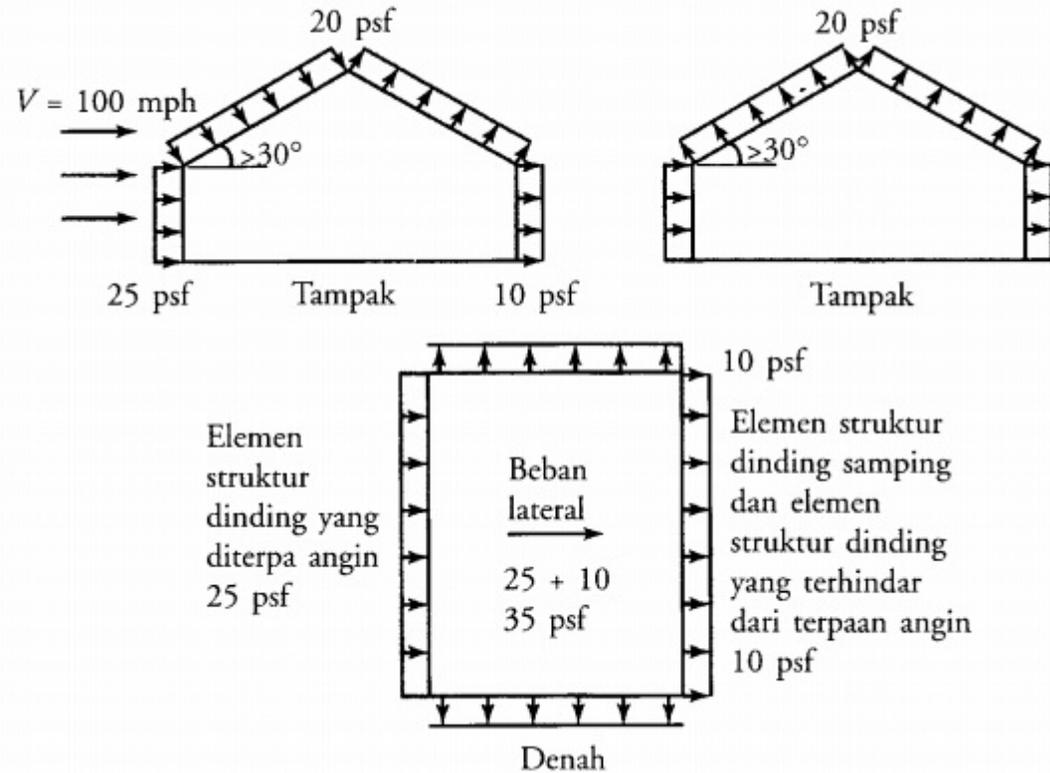
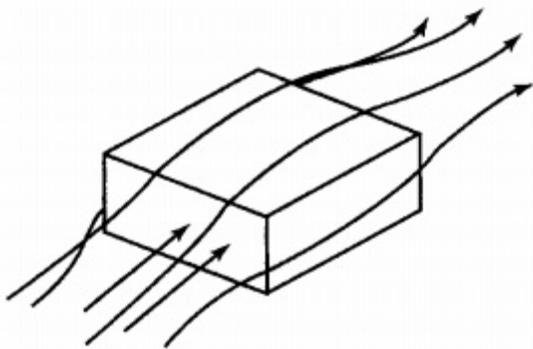
Rangka batang dengan pengekang K



Dinding geser



Selain beban-beban gravitasi vertikal, struktur-struktur juga harus menahan pengaruh alam seperti angin dan gempa bumi yang menimbulkan gaya-gaya lateral. Struktur-struktur harus dikekang terhadap gaya-gaya lateral tersebut. Seperti yang akan kita lihat nanti pada contoh desain, dan seperti yang dicontohkan pada gambar (atas/samping) dinding geser, bagian inti untuk lift, rangka batang vertikal yang terbentuk oleh pengekang X atau K, atau rangka penahan momen merupakan sistem yang umum digunakan untuk mengekang berbagai jenis struktur terhadap keruntuhan lateral.



## Penjumlahan lateral angin

Beban lateral yang harus ditahan oleh sistem struktur adalah penjumlahan dari gaya-gaya lateral yang dihasilkan pada dinding yang diterpa oleh angin dan dinding yang terhindar dari terpaan angin. Elemen struktur atap dan dinding seperti kaca-kaca jendela, sambungan-sambungan dinding tirai (curtain wall) dan sambungan-sambungan batang ikat (tie-down) atap, semuanya harus didesain untuk mampu mengatasi tekanan kedalam dan keluar struktur.

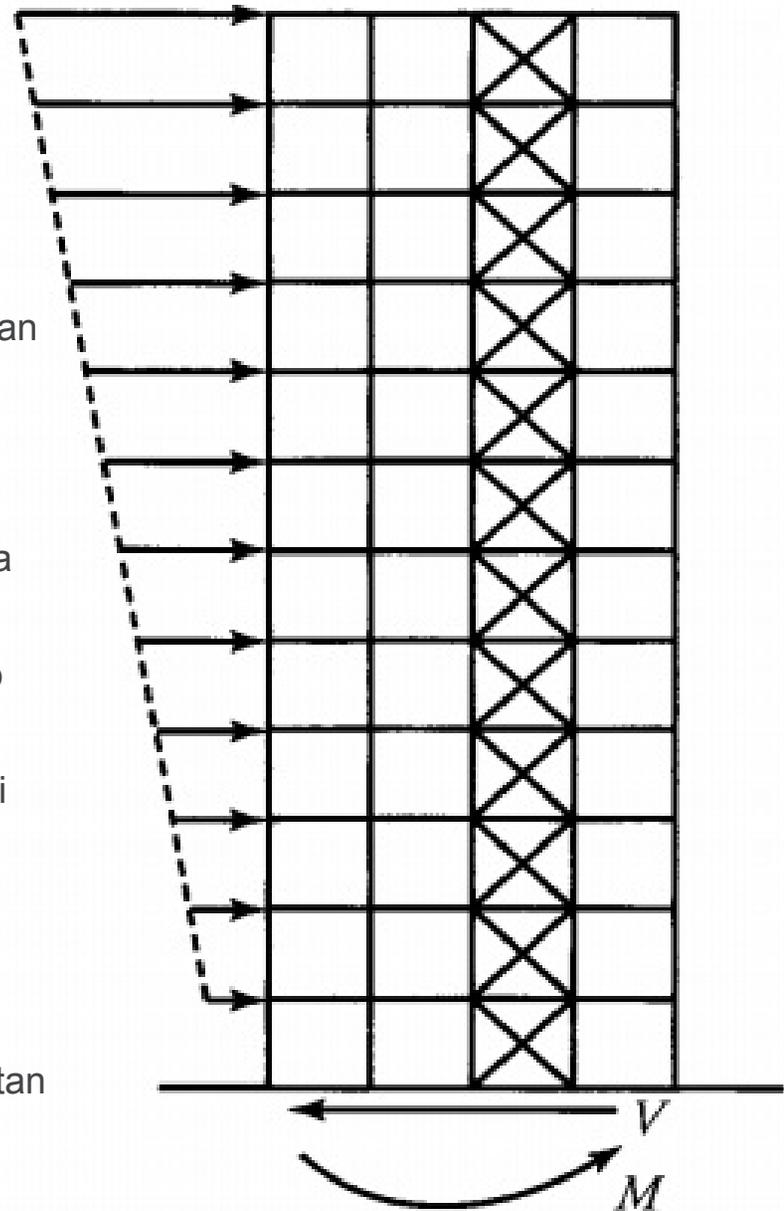
# Sistem pengekangan lateral, ketinggian bangunan, beban angin dan gempa

Untuk tujuan analisis dan desain, besar dan sebaran beban gempa bumi lateral serupa dengan beban lateral yang terjadi akibat angin topan, sehingga sistem pengekang lateral yang serupa diperlukan untuk kedua kasus ini. Semakin tinggi sebuah bangunan, semakin besarlah gaya lateralnya (gambar samping)

Gaya lateral biasanya diasumsikan bekerja pada tiap-tiap tingkat lantai dan tingkat atap.

Untuk beban angin, gaya total pada tiap-tiap tingkat lantai adalah jumlah dari tekanan-tekanan angin atas desain bangunan yang diterpa angin ditambah dengan yang terhindar dari terpaan angin, dikalikan dengan daerah pembebanan yang terproyeksi dari tiap-tiap lantai.

Untuk gaya gempa, beban merupakan hasil dari percepatan gempa rencana pada tiap-tiap tingkat, dikalikan dengan massa lantai atau atap dan dinding pada tingkat tersebut.





# **STRUKTUR BANGUNAN TINGGI YANG LAZIM**



Sistem-sistem pendukung beban yang lazim dijumpai, unsur-unsur struktur dasar bangunan adalah sebagai berikut:

### 1. Unsur Linier

Kolom dan Balok. Mampu menahan gaya aksial dan rotasi

### 2. Unsur Permukaan

Dinding, bisa berlubang atau berangka, mampu menahan gaya-gaya aksial dan rotasi.

Plat, padat dan beruas, ditumpu pada rangka lantai, mampu memikul beban di dalam dan tegaklurus terhadap bidang tersebut.

### 3. Unsur Spasial

Pembungkus fasade atau Inti (core), misal dengan mengikat bangunan agar berlaku sebagai suatu kesatuan

# Perpaduan unsur linier, permukaan dan spasial (yang lazim)

## 1. Dinding Pendukung Sejajar (parallel bearing walls)

Sistem ini terdiri dari unsur-unsur bidang vertikal yang diprategan oleh berat sendiri, sehingga menyerap gaya aksi lateral secara efisien. Sistem dinding sejajar ini terutama digunakan untuk bangunan apartemen yang tidak memerlukan ruang bebas yang luas dan sistem –sistem mekanisnya tidak memerlukan struktur inti.

## 2. Inti dan Dinding Pendukung Fasade (core and parallel bearing walls)

Unsur bidang vertikal membentuk dinding luar yang mengelilingi sebuah struktur inti. Hal ini memungkinkan ruang interior yang terbuka. Yang bergantung pada kemampuan bentangan dari struktur lantai. Inti ini memuat sistem-sistem transportasi mekanis vertikal serta menambah kekakuan bangunan.

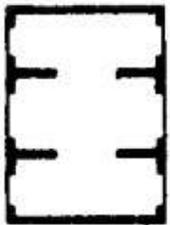
# Perpaduan unsur linier, permukaan dan spasial (yang lazim)

## 3. Boks Berdiri Sendiri (self supporting boxes)

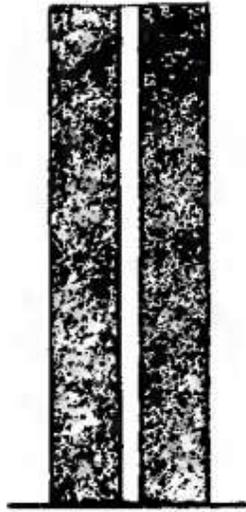
Boks merupakan unit tiga dimensi prefabrikasi yang menyerupai bangunan dinding pendukung pada Gambar 3.1a apabila diletakkan di suatu tempat dan digabung dengan unit lainnya. Dalam contoh tersebut boks-boks ini ditumpuk seperti bata dengan " pola *English bond*" sehingga terjadi susunan balok dinding berselang-seling.

## 4. Plat terkantilever (cantilever slab)

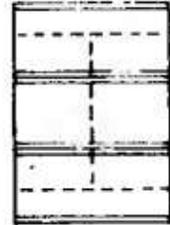
Pemikulan sistem lantai dari sebuah inti pusat akan memungkinkan ruang bebas kolom yang batas kekuatan platnya adalah batas besar ukuran bangunan. Besi akan banyak diperlukan, terutama apabila proyeksi pelat adalah besar. Kekakuan pelat dapat di tingkatkan dengan menggunakan teknik-teknik pratekan.



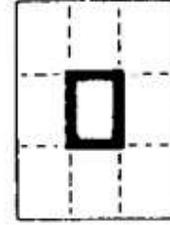
1. Dinding pendukung sejajar



2. Inti dan dinding pendukung



3. Kotak berdiri sendiri



4. Plat terkantilever

# Perpaduan unsur linier, permukaan dan spasial (yang lazim)

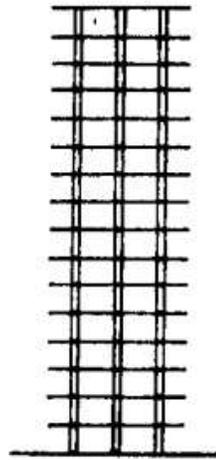
## 5. Plat Rata (flat slab)

Sistem bidang horizontal pada umumnya terdiri dari plat lantai beton tebal rata yang ditumpu pada kolom. Apabila tidak terdapat penebalan plat dan atau kepala pada bagian atas kolom, maka sistem ini dikatakan sistem plat rata. Pada kedua sistem ini tidak terdapat balok yang dalam (deep beam) sehingga tinggi lantai bisa minimum.

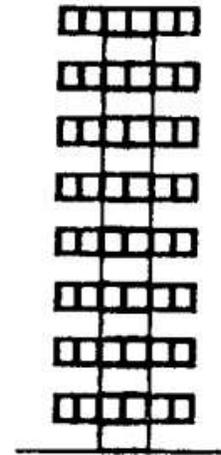
## 6. Interspasia (interspatial)

Struktur rangka tinggi selantai yang terkantilever diadakan pada setiap lantai antara untuk memungkinkan ruang fleksibel didalam dan di atas rangka. Ruangan yang berada di dalam lantai rangka di atasnya dapat digunakan untuk kegiatan lainnya.

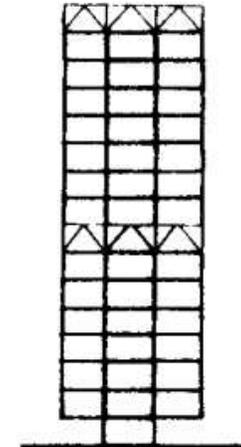
# Perpaduan unsur linier permukaan dan spasial (



5. Plat rata



6. Interspasi



7. Gantung

## 7. Gantung (suspension)

Sistem ini memungkinkan penggunaan bahan secara efisien dengan menggunakan penggantung sebagai pengganti kolom untuk memikul beban lantai. Kekuatan unsur tekan harus dikurangi karena adanya bahaya tekuk, berbeda dengan unsur tarik, yang dapat mendayagunakan kemampuannya secara maksimal. Kabel-kabel ini meneruskan beban gravitasi ke rangka di bagian atas yang terkantilever dari inti pusat.

# Perpaduan unsur linier, permukaan dan spasial (yang lazim)

## 8. Rangka Selang-seling (staggered truss)

Rangka tinggi selantai disusun sedemikian rupa sehingga setiap lantai bangunan menumpangkan di bagian atas suatu rangka dan di bawah rangka di atasnya. Selain memikul beban vertikal, susunan rangka akan mengurangi tuntutan kebutuhan ikatan angin dengan cara mengarahkan beban angin ke dasar bangunan melalui balok-balok dan plat lantai.

## 9. Rangka Kaku (rigid frame)

Sambungan kaku digunakan antara susunan unsur linear untuk membentuk bidang vertikal dan horizontal. Bidang vertikal terdiri dari kolom dan balok, biasanya pada grid persegi. Organisasi grid serupa juga digunakan untuk bidang horizontal yang terdiri atas balok dan gelagar. Dengan keterpaduan rangka spasial yang bergantung pada kekuatan kolom dan balok, maka tinggi lantai ke lantai dan jarak antara kolom menjadi penentu pertimbangan rancangan.

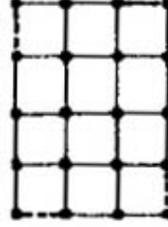
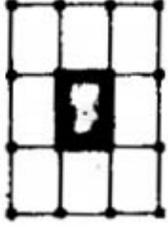
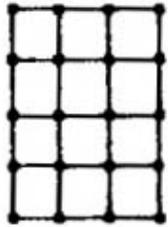
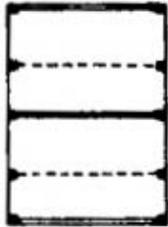
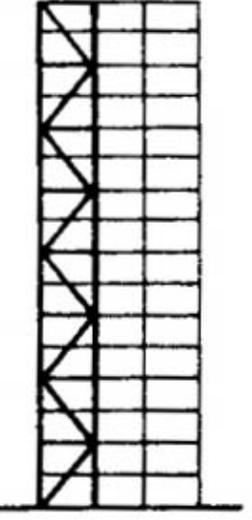
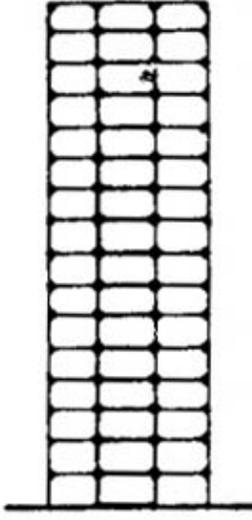
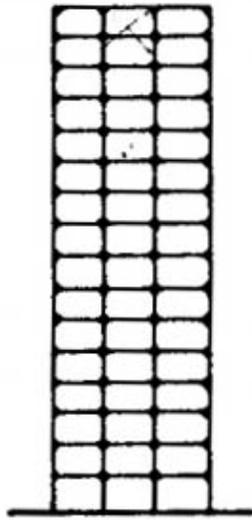
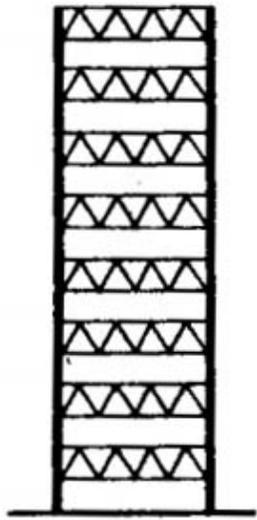
# Perpaduan unsur linier, permukaan dan spasial (yang lazim)

## 10. Rangka Kaku dan Inti (rigid frame and core)

Rangka kaku bereaksi terhadap beban lateral. Terutama melalui lentur balok dan kolom. Perilaku demikian berakibat ayunan ( drift ) lateral yang besar pada bangunan dengan ketinggian tertentu. Akan tetapi, apabila dilengkapi dengan struktur inti, ketahanan lateral bangunan akan sangat meningkat karena interaksi inti dan rangka. Sistem inti ini memuat sistem-sistem mekanis dan transportasi vertikal.

## 11. Rangka Trussed (trussed frame)

Gabungan rangka kaku (atau bersendi ) dengan rangka geser vertikal akan memberikan peningkatan kekuatan dan kekakuan struktur. Rancangan struktur dapat berdasarkan penggunaan rangka untuk menahan beban gravitasi dan rangka vertikal untuk beban angin, yang serupa dengan rangka kaku dan inti.



8. Staggered truss

9. Rangka kaku

10. Inti dan  
rangka kaku

11. Rangka trussed

# Perpaduan unsur linier, permukaan dan spasial (yang lazim)

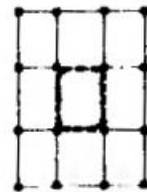
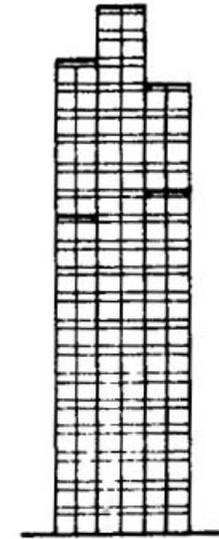
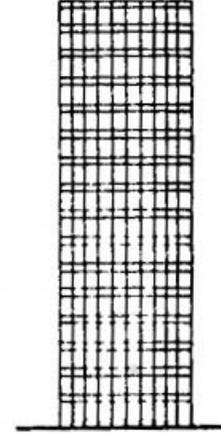
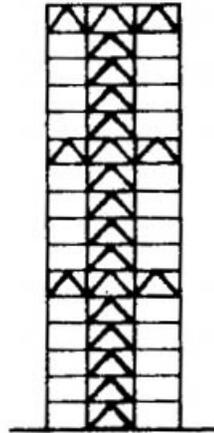
## 12. Rangka Belt-Trussed (belt-trussed frame and core)

*Belt truss* mengikat kolom fasade ke inti sehingga meniadakan aksi terpisah rangka dan inti. Pengakuan ini dinamai *cap trussing* apabila berada pada bagian atas bangunan, dan *belt trussing* apabila berada di bagian bawahnya.

## 13. Tabung dalam Tabung (tube in tube)

Kolom dan balok eksterior ditempatkan sedemikian rapat sehingga fasade menyerupai dinding yang diberi pelubangan ( untuk jendela ). Seluruh bangunan berlaku sebagai tabung kosong yang terkantilever dari tanah. Inti interior ( tabung ) meningkatkan kekakuan bangunan dengan ikut memikul beban bersama kolom-kolom fasade.

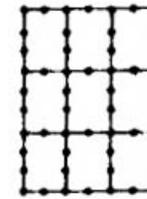
# Perpaduan unsur linier, permukaan dan spasial (yang lazim)



12. Rangka belt trussed



13. Tabung dalam tabung



14. Tabung majemuk

## 14. Kumpulan Tabung (bundled tube)

Sistem kumpulan tabung dapat digambarkan sebagai suatu himpunan tabung-tabung terpisah yang membentuk tabung multise. Pada sistem ini kekakuan bertambah. Sistem ini memungkinkan bangunan mencapai bentuk yang paling tinggi dan daerah lantai yang paling luas.



# **PERTIMBANGAN UMUM PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI**

Pemilihan struktur untuk bangunan bertingkat tinggi tidak hanya berdasarkan atas pemahaman struktur dalam konteksnya semata. Pemilihannya lebih ke arah faktor fungsi dikaitkan dengan kebutuhan budaya, sosial, ekonomi dan teknologi. Struktur hanyalah satu di antara berbagai pertimbangan

1. Pertimbangan umum ekonomi
2. Kondisi tanah
3. Rasio tinggi-lebar suatu bangunan
4. Pertimbangan fabrikasi dan pembangunan
5. Pertimbangan mekanis
6. Pertimbangan tingkat bahaya kebakaran
7. Pertimbangan setempat
8. Ketersediaan dan harga bahan konstruksi utama

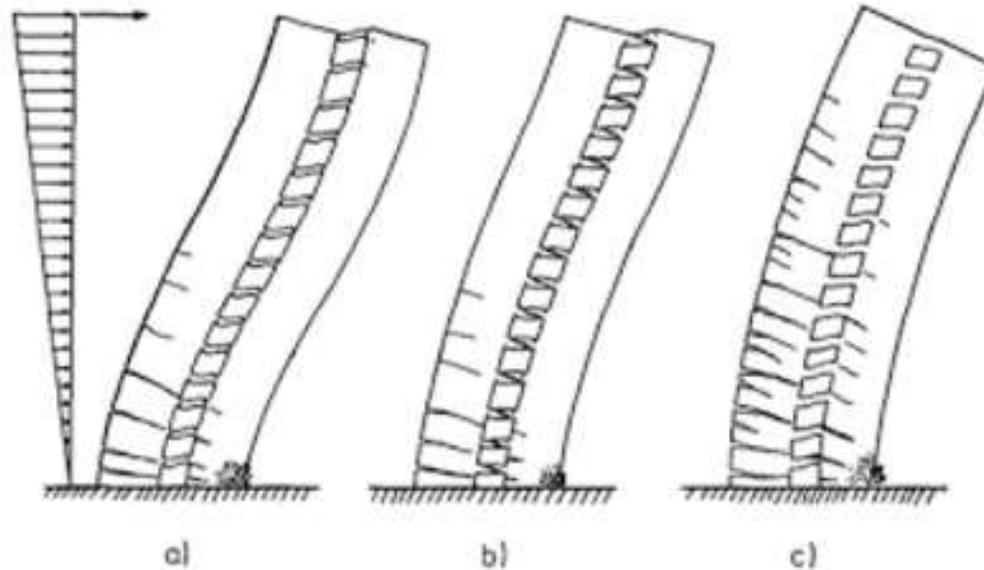
# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## BRACED FRAME AND MOMENT RESISTING FRAME SYSTEMS

Dua hal mendasar sistem kekuatan penahan lateral adalah braced frame (shear truss or vertikal truss) dan frame penahan momen (momen frame or rigid frame). Sistem-sistem ini dikembangkan selama dimulainya high rise construction pada awal abad duapuluh. Braced frame and moment resisting frames adalah pengaturan yang normal seperti pertemuan planar dalam arah orthogonal untuk menciptakan planars frames or a tube frame sistem. Kedua sistem mungkin digunakan bersama sebagai sistem yang saling mempengaruhi secara keseluruhan, dengan demikian memperkuat penerapan secara individu untuk gedung-gedung yang lebih tinggi. Kedua sistem adalah umum digunakan saat ini adalah yang berarti efektif untuk penahan kekuatan lateral untuk high rise construction pada gedung pada ketinggian 40 atau 50 lantai.

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## 1. BRACED FRAME AND MOMENT RESISTING FRAME SYSTEMS



*Ada dua hal dasar sistem struktur penahan gaya lateral, diantaranya adalah :*

- "braced frame (shear truss or vertikal truss)"
- "frame penahan momen (momen frame or rigid frame)"

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## II. SHEAR WALL

Merupakan dinding samping yang berfungsi sebagai pengaku yang menerus sampai ke pondasi dan juga merupakan dinding inti untuk memperkaku seluruh bangunan untuk menahan gaya lateral.

Biasanya digunakan pada bangunan tinggi untuk mencegah terjadinya torsi akibat gaya angin. Atau digunakan pula pada bangunan tinggi yang berbentuk slab maupun bangunan tinggi berbentuk tower untuk memperkuat sistem bangunan terhadap gaya lateral.

Penempatan dinding geser ada 2 macam :

### A. Shear Wall

Ditempatkan pada bangunan sebagai exterior atau interior shear wall.

Biasanya pada bangunan yang berbentuk slab (semakin tinggi suatu bangunan

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## A. Shear Wall

Ditempatkan pada bangunan sebagai exterior atau interior shear wall. Biasanya pada bangunan yang berbentuk slab (semakin tinggi suatu bangunan maka shear wall yang dipakai semakin tebal)

Project descriptions : Metropolitan Tower New York, Embassy Suites Hotel New York.

## B. Core (Inti)

Dinding geser yang diletakkan di dalam bangunan, misalnya mengelilingi core yang berfungsi sebagai area service, shaft dan tangga darurat yang menyerupai bentuk kotak atau bentuk lain yang kaku sebagai tipe dari struktur.

Project descriptions : 77 West Wacker Drive Chicago Illinois USA, Twin 21 Osaka Japan, Majestic Building Wellington New Zealand.

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## III. CORE & OUTRIGGER SYSTEM

Core dan outrigger system adalah suatu sistem yang terdiri atas core sebagai inti bangunan yang bersifat struktural dan outrigger yang dipasang pada tiap-tiap lantai tertentu pada bangunan tinggi dan mempunyai hubungan langsung dengan core. Selain sebagai pengaku gaya lateral, outrigger system juga digunakan untuk memperkecil ukuran kolom sehingga biaya bangunan bisa menjadi lebih ekonomis.

Gaya lateral yang bekerja pada bangunan diterima dan ditahan oleh outrigger yang kemudian disalurkan ke core sebagai inti bangunan yang meneruskannya ke pondasi sehingga gaya lateral tersebut dapat ditahan.

Project descriptions : Waterfront Place Brisbane Australia, Two Prudential Plaza Chicago Illinois USA, Citibank Plaza Hongkong.

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## IV. TUBULAR SYSTEM

Tubular sistem adalah sistem struktur bangunan tinggi yang menggunakan kolom-kolom hanya pada sisi luar bangunan yang jarak antar kolomnya sangat dekat. Pada rancangan tabung dianggap bahwa facade struktur bertindak terhadap gaya lateral seperti suatu kotak kosong tertutup yang terkantilever dari tanah.

Sistem ini digunakan apabila menginginkan bangunan tinggi yang bebas kolom. Untuk menahan beban lateral yang terjadi pada bangunan tinggi tersebut maka jarak kolom diperkecil, jarak trave harus lebih kecil dari ketinggian tiap lantai. Karena dinding eksterior menahan seluruh atau hampir seluruh beban angin, maka pengaku diagonal ataupun dinding geser dapat ditiadakan. Tabung eksterior ini dapat memikul semua beban lateral dan dapat diperkaku terus dengan menggunakan jenis pengaku tertentu.

Sebagian besar bangunan tertinggi di dunia menggunakan sistem tabung, diantaranya : John Hancock Centre di Chicago, Standard Oil Building di Chicago dan Word Trade Centre di New York.

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

Jenis-jenis tubular sistem

## A. Frame tube

Pengaturan Framed tube system secara umum adalah dinding eksterior bangunan yang terdiri dari balok dan kolom persegi rapat dan disambung secara kaku, menahan beban lateral melalui aksi tabung kantilever tanpa menggunakan pengaku interior. Lantai-lantai yang kaku sebagai diafragma balok pinggir yang dikaitkan dengan penyebaran gaya lateral ke dinding luar.

Project description : Brunswick Building Chicago Illinois, World Trade Centre (maybe)

## B. Trussed Tube

Dibagi atas 2 sistem, yaitu :

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## B. Trussed Tube

Dibagi atas 2 sistem, yaitu :

### 1. Tabung Rangka Kolom Diagonal

Menggunakan diagonal di dalam grid kolom dan balok pengikat menghasilkan kekakuan serupa dinding terhadap beban lateral. Diagonal ini tidak hanya menimbulkan sebagian besar beban angin tetapi juga berlaku sebagai kolom miring yang memikul beban gravitasi.

Contoh bangunan : John Hancock Center Chicago, World TradeCentre New York, Bank Of China Hongkong.

### 2. Tabung Lattice Truss

Menggunakan diagonal yang disusun rapat tanpa kolom vertikal yang

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## B. Trussed Tube

Dibagi atas 2 sistem, yaitu :

### 2. Tabung Lattice Truss

Menggunakan diagonal yang disusun rapat tanpa kolom vertikal yang merupakan kolom miring dan menstabilkan struktur terhadap angin. Diagonal ini dapat diikat untuk balok horisontal dan sangat efisien apabila dihadapkan dengan beban lateral, tapi kurang efisien untuk meneruskan beban grafitasi ke tanah.

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## C. Bundled Tube

Merupakan susunan dari tabung-tabung individual sehingga memiliki kekuatan yang cukup besar dalam menahan gaya lateral. Dan adanya diafragma atau balok pinggir yang horisontal untuk menyerap gaya geser dari kolom vertikal untuk menyebarkan tegangan aksial secara merata.

Project descriptions : Sears Tower Chicago Illinois USA,

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## V. HYBRID SYSTEM

Hybrid System adalah penggabungan sistem dan bahan material untuk menjadikan suatu sistem struktur lebih fleksibel di dalam penggunaan dan karakter serta pelaksanaannya.

Sistem bangunan ini terdiri dari 2 tipe struktur atau lebih yang berbeda, yaitu gabungan antara baja dan beton yang merupakan bangunan bebas kolom dengan tujuan untuk memaksimalkan fungsi ruang. Selain itu juga merupakan sistem yang biasa digunakan pada gedung-gedung tinggi yang dapat berupa gabungan antara 1 dan 2 sistem sekaligus (peraturan dinamik yang dipakai oleh arsitek modern).

Contoh penggunaan hybrid system misalnya pada bangunan yang menggunakan sistem outrigger dan tube, gaya lateral yang bekerja pada bangunan

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## V. HYBRID SYSTEM

Contoh penggunaan hybrid system misalnya pada bangunan yang menggunakan sistem outrigger dan tube, gaya lateral yang bekerja pada bangunan ditahan oleh outrigger dan diperkuat oleh tabung-tabung dengan jarak yang rapat sehingga bangunan tinggi tersebut dapat dengan kuat menahan gaya lateral.

Contoh bangunan : Overseas Union Bank Centre Singapura, CenTrust Tower Miami Florida USA, First Bank Place Minneapolis Minnesota USA, First Interstate World Centre Los Angeles California USA, Foster Tower (Hongkong Bank) Hongkong.

# PENERAPAN STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DALAM MENAHAN GAYA LATERAL

## *SYSTEMS FOR THE FUTURE*

Contoh dari project gedung yang tidak terbangun dan systems yang akan datang, suatu gabungan yang kaya dari project-project khayalan di dunia, adalah potensi yang mengagumkan untuk dieksplorasi lebih jauh. Project-project menunjukkan banyak perbedaan dari sistem yang sekarang ada dari desainer. Alasan bahwa gedung-gedung ini tidak dibangun karena perubahan kondisi ekonomi.

- . Core and outrigger system : Miglin Beitler Tower Chicago, Dearborn  
Centre Chicago
- . Trussed tube systems : Shimizu Super High Rise, Tokyo
- . Hybrid systems : Bank of the Southwest Tower Houston, Erewhon center



## Daftar pustaka

1. Dishongh, Burl.E (2003); Pokok-pokok Teknologi Struktur untuk Konstruksi dan Arsitektur, Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. Macdonald, Angus J. (1994), *Structure & Architecture*, Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford
3. Schodek, Daniel L. (1998), *Struktur (Structures)*, Penerbit PT. Refika Aditama, Bandung-Indonesia
4. Schueller, Wolfgang (1989), *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*, Penerbit PT. Eresco, Bandung-Indonesia.
5. Zuhri,Syaifuddin (2011); Sistem Struktur pada Bangunan Bertingkat, Penerbit Yayasan Humaniora, Klaten.