

PEMBEBANAN STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT TINGGI



Bangunan



Struktur
tinggi

**Bangunan
Tinggi**

bangunan yang
mempunyai
lebih dari satu
lantai secara
vertikal.



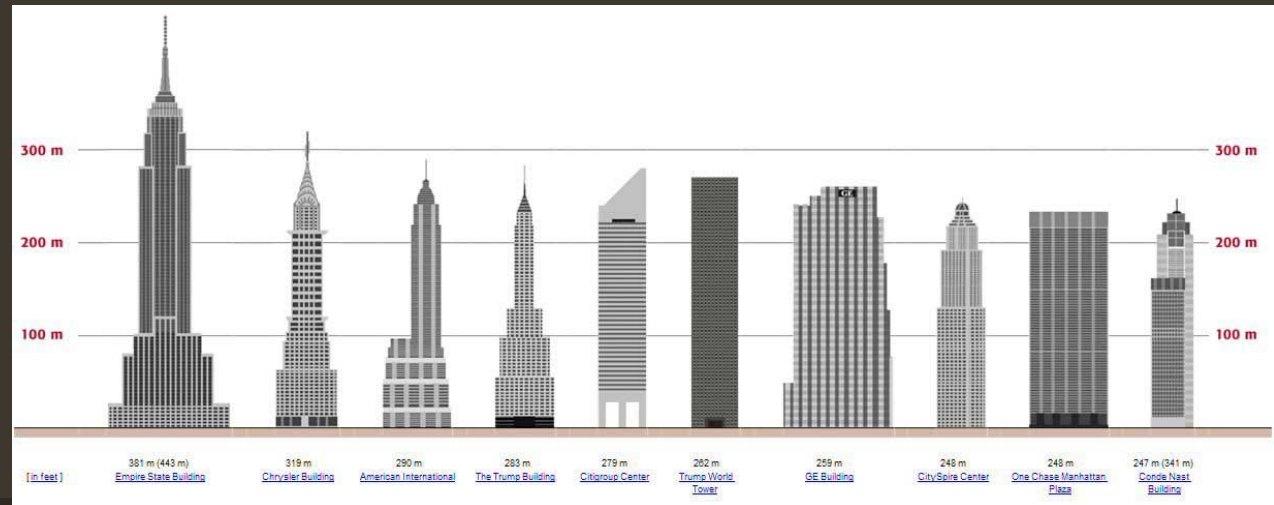
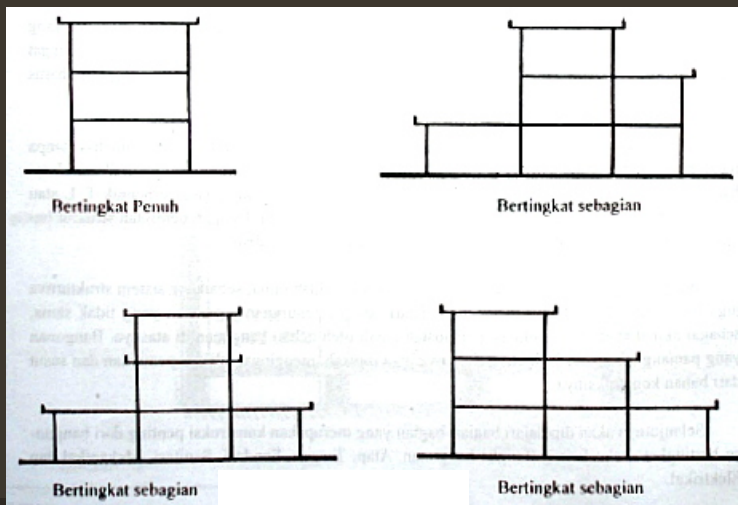
Bangunan bertingkat terbagi menjadi dua jenis :

Bangunan bertingkat penuh

merupakan bangunan bertingkat dengan lantai-lantai yang identik luasnya dari bawah ke atas

Bangunan bertingkat sebagian

merupakan bangunan bertingkat dengan lantai yang tidak identik, biasanya bagian bawah memiliki luasan lebih daripada bagian atas.



Beberapa fungsi utama yang harus diperhatikan dalam perancangan bangunan tinggi :

Struktural dan Metode Konstruksi.

Sistem struktur merupakan kerangka penyangga keseluruhan bangunan tinggi, contohnya sistem konstruksi beton bertulang yang diperkuat dengan sistem core.

Mekanikal (Transportasi Vertikal dan Tata udara).

Sistem mekanis yang menggerakkan benda-benda seperti lift, elevator, ramp berjalan, dan sebagainya. Termasuk didalamnya tata udara yang membutuhkan turbin, sistem air dengan mesin penggerak, dan sebagainya.

Elektrikal (Daya listrik dan Penerangan).

Mencakup segala hal berkaitan dengan kelistrikan, tata perletakan peralatan listrik, pengkabelan, penerangan.

Arsitektural (Estetika).

Fungsi arsitektural merupakan fungsi paling humanis yang berkaitan dengan manusia yang tinggal didalamnya, yaitu estetika, pengaturan ruangan, perletakan shaft, dan sebagainya.





SISTEM STRUKTUR

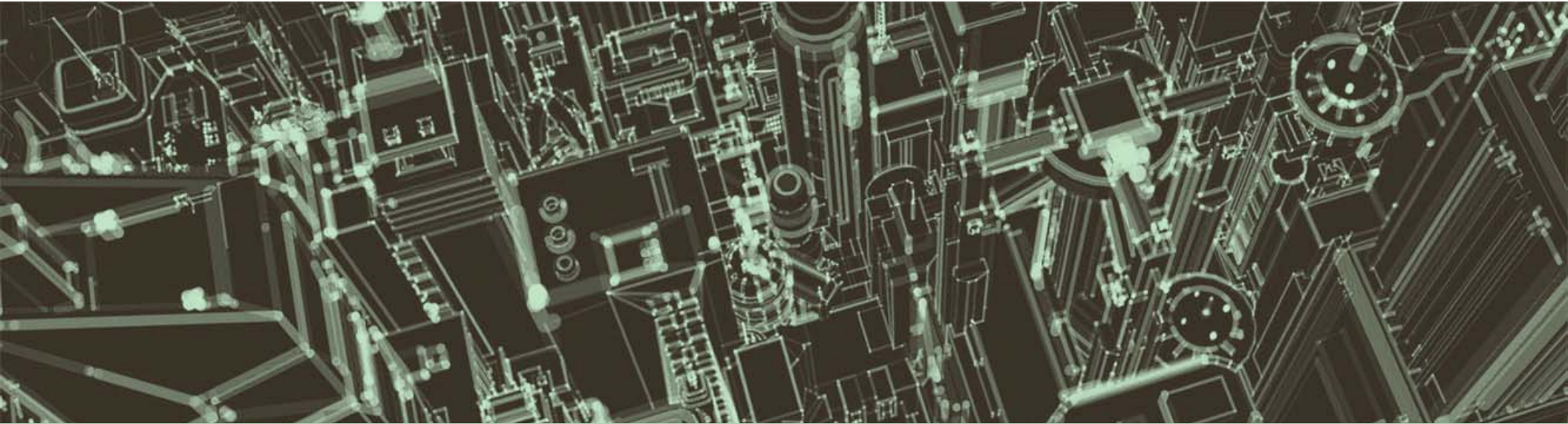
Sistem struktur merupakan penggabungan berbagai elemen struktur secara tiga dimensi yang cukup rumit.

Fungsi utama dari sistem struktur adalah untuk memikul secara aman dan efektif beban yang bekerja pada bangunan, serta menyalurkan ke tanah melalui pondasi.



Beberapa fungsi tambahan dari berbagai sistem bangunan tinggi adalah sebagai berikut :

- Sistem Aliran Udara Dan Penghawaan, Termasuk Penghawaan Buatan
- Sistem Air Bersih, Plumbing Dan Fixtures
- Sistem Pengolah Limbah
- Sistem Privasi Dan Keamanan Psikologis Dalam Bangunan (Parking, Security)
- Sistem Komunikasi (Telepon, Radio, Televisi, Internet)
- Sistem Pengangkutan Barang Dan Transportasi Manusia (Elevator, Lift, Ramp Berjalan)
- Sistem Keamanan Fisik (Tangga Darurat, Pintu Darurat)
- Sistem Penanggulangan Kebakaran
- Sistem Penangkal Petir, Dll



Skema Sistem Struktur

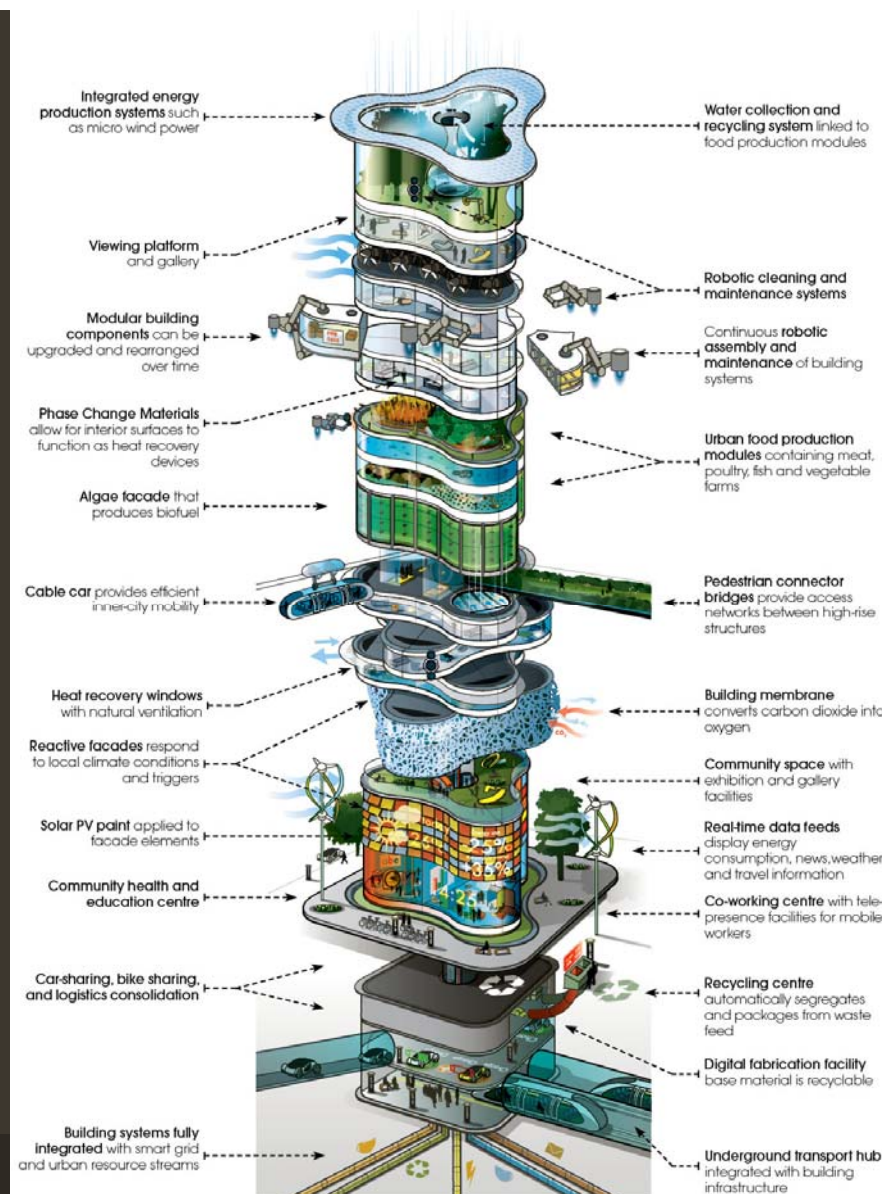


Sistem struktur dari suatu bangunan tinggi,

merupakan kumpulan dan kombinasi berbagai elemen struktur yang dihubungkan dan disusun secara teratur yang membentuk suatu totalitas kesatuan struktur.

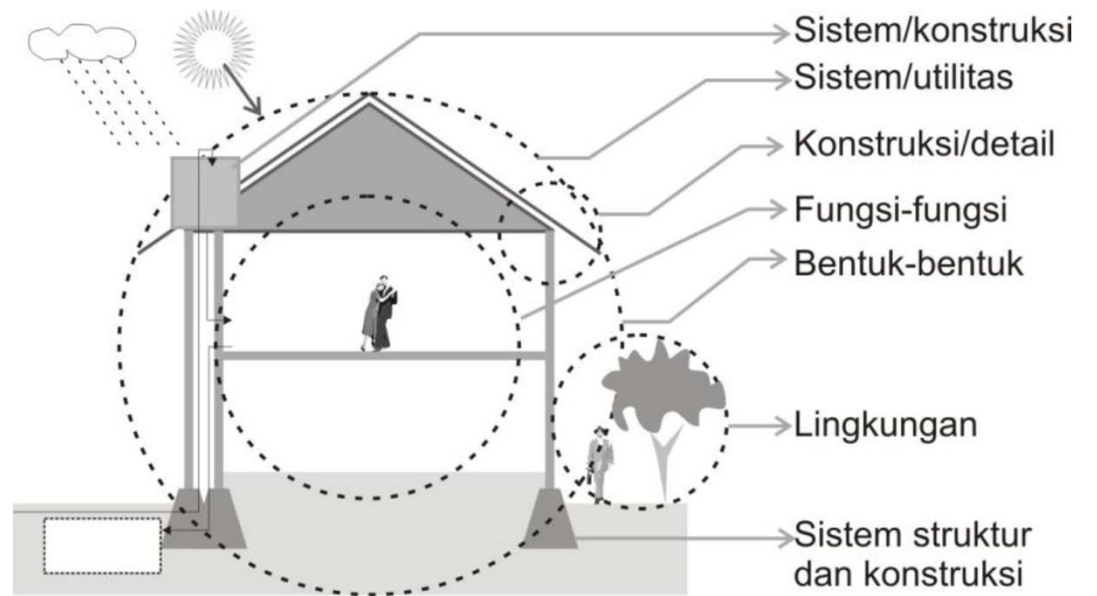
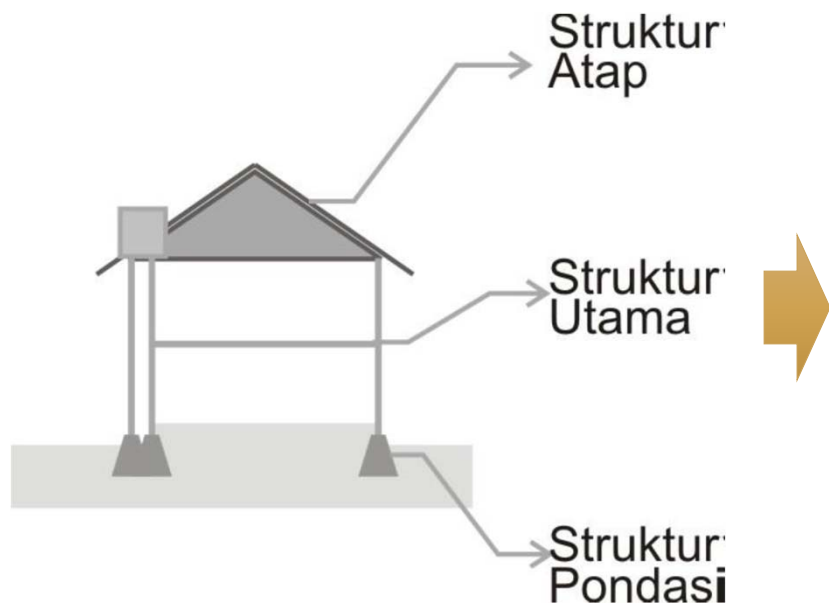
Sistem struktur pada bangunan tinggi dirancang dan dipersiapkan agar mampu:

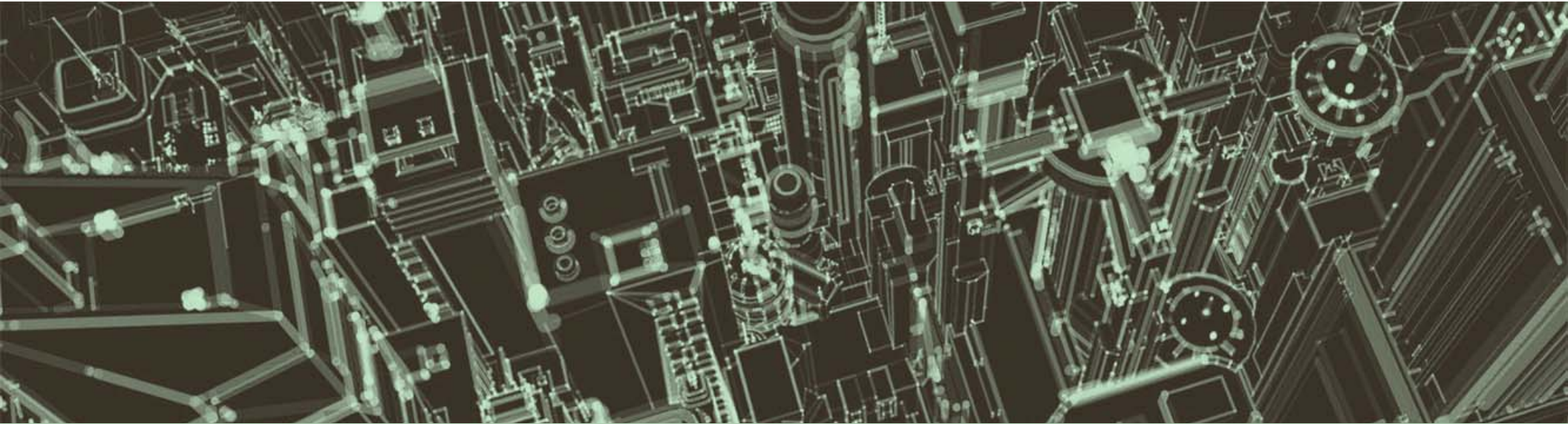
1. Memikul beban vertical baik statik maupun dinamik
2. Memikul beban horizontal, baik akibat angin maupun gempa
3. Menahan berbagai tegangan yang diakibatkan oleh pengaruh temperature
4. Menahan external dan internal blast dan beban kejut (impact loads)
5. Mengantisipasi pengaruh getaran



Pemilihan sistem struktur bergantung pada beberapa parameter berikut:

1. Economical consideration, yang meliputi construction cost, nilai kapitalisasi, rentable space variation dan cost of time variation.
2. Construction speed yang dipengaruhi oleh profil bangunan, experience, methods dan expertise, material struktur, tpi konstruksi (cast-in-situ, precast atau kombinasi) serta local construction industry.
3. Overall geometry, meliputi panjang, lebar dan tinggi bangunan.
4. Vertical profile-building shape.
5. Pembatasan ketinggian (height restriction)
6. Kelangsingan (slenderness), yaitu ratio antara tinggi terhadap lebar bangunan.
7. Plan configuration, yaitu depth-width ratio dan degree of regularity(dapat dilihat pada peraturan seperti UBC atau NEHRP).
8. Kekuatan, kekakuan dan daktilitas.
9. Kekuatan berhubungan erat dengan material properties, kekakuan meliputi kekakuan lentur, kekakuan geser, kekakuan torsi dan daktilitas meliputi strain ductility, curvature ductility dan displacement ductility.
10. Jenis/tipe pembebanan, yang meliputi beban gravitasi, beban lateral berupa beban angin dan seismic serta beban-beban khusus lainnya.
11. Kondisi tanah pendukung bangunan.

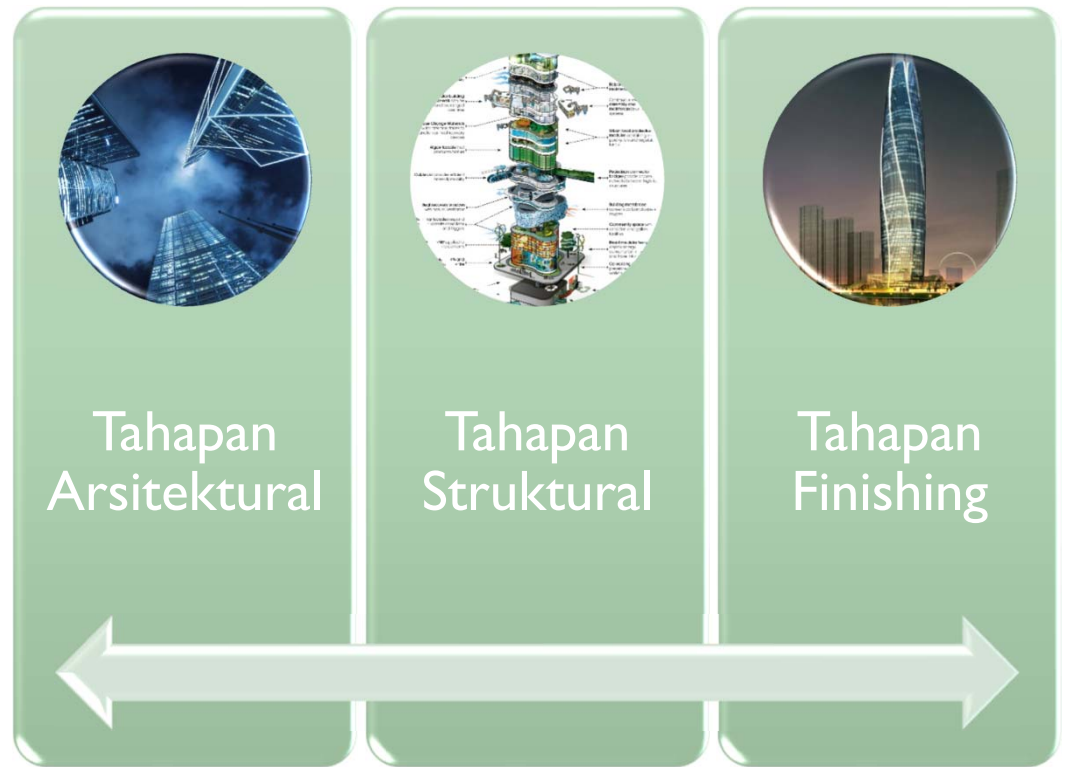




Strategi Perancangan



Tahapan perancangan bangunan tinggi melalui tahapan berikut:





Tahap Arsitektural

Tahapan ini harus melalui proses programatik yang meliputi

- a) Dengar pendapat dengan pemilik proyek, kelayakan proyek, Planning Advice dari Pemerintah daerah, batasan dan lingkup proyek beserta potensi lahan yang bisa digali dari sebuah proyek bangunan tinggi.
- b) Proses programatik juga merencanakan dan menganalisa berbagai kegiatan dan fungsi ruang yang berujung pada perencanaan luasan dan pembagian ruang dalam lantai-lantainya.
- c) Dalam perencanaan arsitektural ini juga diperhatikan tentang prinsip-prinsip struktural yang harus dipenuhi, dalam arti secara arsitektural perancangan struktur bangunan tinggi sudah harus memperhatikan prinsip-prinsip struktural.
- d) Tahap arsitektural akan menghasilkan dokumen-dokumen gambar kerja seperti
 - ❖ Denah semua lantai tingkat
 - ❖ Potongan
 - ❖ Tampak
 - ❖ Perspektif
 - ❖ Detail
 - ❖ fasilitas gedung
 - ❖ Rencana Anggaran Biaya (RAB)
 - ❖ Bestek (Rencana Kerja dan Syarat/RKS).

Tahap Struktural

Tahap ini akan memperluas cakupan desain kedalam perancangan struktural yang mencakup:

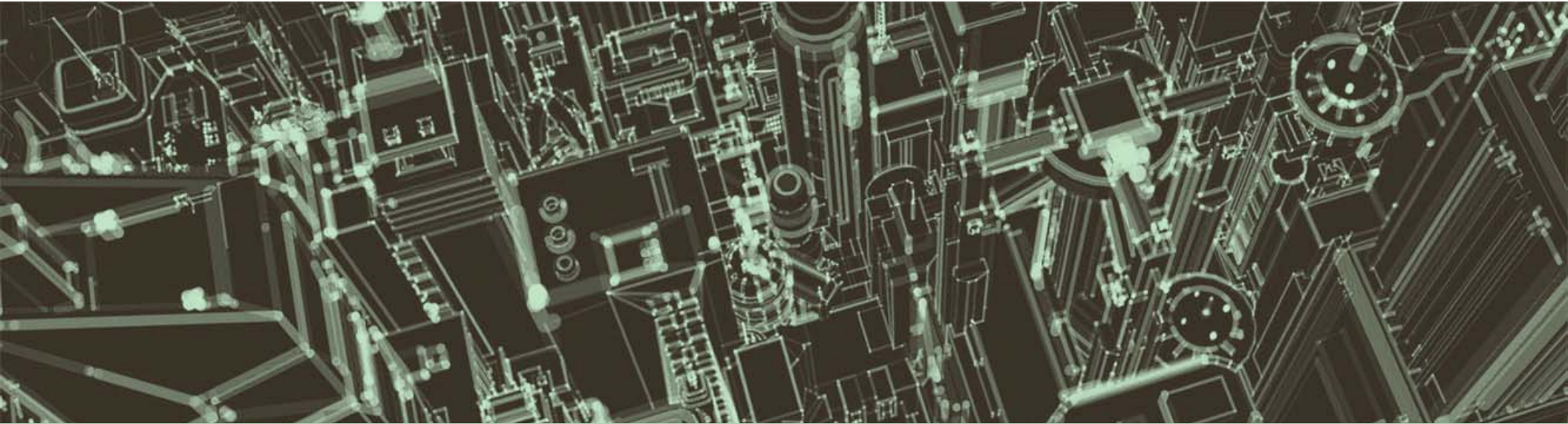
1. Perhitungan pembebanan
2. Perencanaan desain struktur seperti portal, core, kolom dan balok
3. Analisa mekanikal elektrik yang bekerja dalam system arsitektural
4. Penyelidikan tanah untuk menentukan pondasi juga berlangsung dalam tahap ini

Tahap Finishing

Tahap ini akan sentuhan terakhir yang mencakup:

1. Mekanikal dan Elektrikal
2. Pengecatan dinding, kusen, dan lain-lain
3. Pencahayaan Interior dan Eksterior
4. Dan elemen-elemen arsitektur lainnya





KOMPONEN Struktur Bangunan Tinggi



Konstruksi Atap

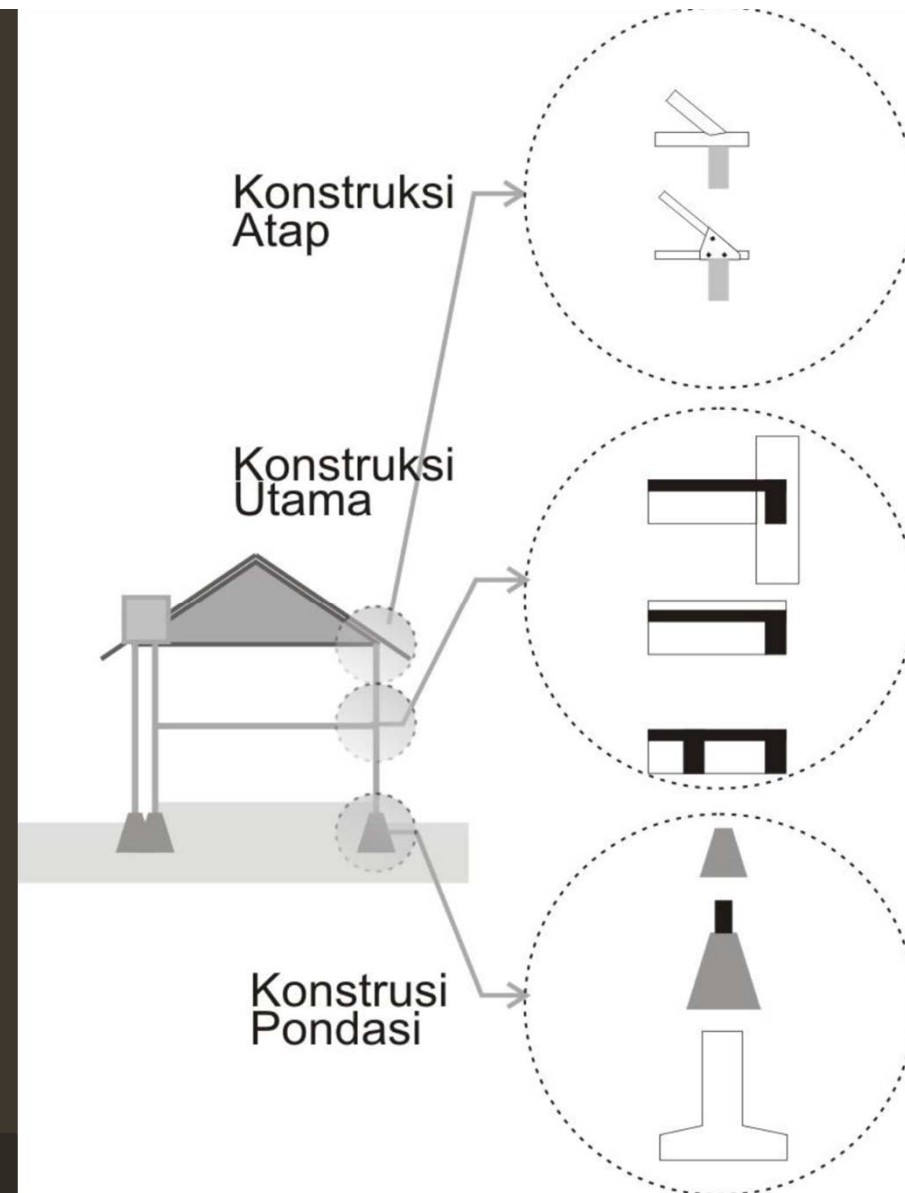
- Kuda-kuda Atap, Lapisan Atap, Struktur Atap

Konstruksi Utama

- Kolom, Balok, Plat Lantai, Dinding

Konstruksi Pondasi

- Pondasi, Sloof



I. Konstruksi Pondasi

Pemilihan tipe pondasi didasarkan atas :

- 1) Fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
- 2) Besarnya beban dan berat dari bangunan atas.
- 3) Kondisi tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan.
- 4) Biaya pondasi dibandingkan dengan bangunan atas.



Tipe Pondasi

```
graph TD; A[Tipe Pondasi] --> B[Pondasi Dangkal]; A --> C[Pondasi Dalam]; B --> D[Pondasi Setempat (Tapak)]; B --> E[Pondasi Menerus (Batu Gunung)]; B --> F[Pondasi Plat Beton Lajur]; C --> G[Pondasi Sumuran (Pier Foundation)]; C --> H[Pondasi Tiang Pancang (Pile Foundation)];
```

Pondasi Dangkal

Pondasi Setempat
(Tapak)

Pondasi Menerus
(Batu Gunung)

Pondasi Plat
Beton Lajur

Pondasi Dalam

Pondasi Sumuran
(Pier Foundation)

Pondasi Tiang
Pancang
(Pile Foundation)

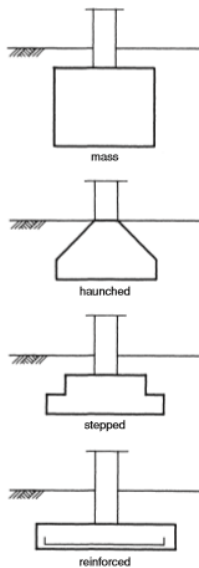
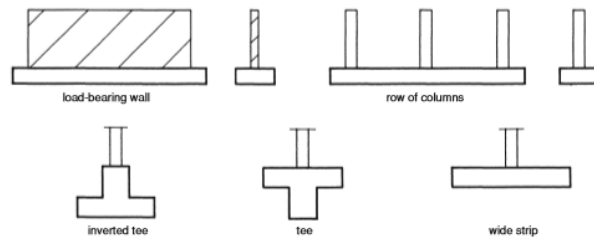


Fig. 1.5 Pad foundations.

economics of scale of the contract and construction costs, buildability, durability – as is all structural design choice. Only a brief description is given in this section to help understand the soil behaviour.



1.7.1 Pad foundations

Pad foundations tend to be the simplest and cheapest foundation type and are used when the soil is relatively strong or when the column loads are relatively light. They are usually square or rectangular on plan, of uniform thickness and generally of reinforced concrete. They can be stepped or haunched, if material costs outweigh labour costs. The reinforcement can vary from nothing at one extreme through to a heavy steel grillage at the other, with lightly reinforced sections being the most common. Typical types are shown in Fig. 1.5.

1.7.2 Strip footings

Strip footings are commonly used for the foundations to load-bearing walls. They are also used when the pad foundations for a number of columns in line are so closely spaced that the distance between the pads is approximately equal to the length of the side of the pads. (It is usually more economic and faster to excavate and cast concrete in one long strip, than as a series of closely spaced isolated pads.) They are also used on weak ground to increase the foundation bearing area, and thus reduce the bearing pressure – the weaker the ground then the wider the strip. When it is necessary to stiffen the strip to resist differential settlement, then *tee* or *inverted tee* strip footings can be adopted. Typical examples are shown in Fig. 1.6.

1.7.3 Raft foundations

When strips become so wide (because of heavy column loads or weak ground) that the clear distance between them is about the same as the width of the strips (or when the depth to suitable bearing capacity strata for strip footing loading becomes too deep), it is worth considering raft foundations. They are useful in restricting the differential settlement on variable ground, and to distribute variations of superstructure loading from area to area. Rafts can be stiffened (as strips can) by the inclusion of tee beams.

Rafts can also be made *buoyant* by the excavation (displacement) of a depth of soil, similar to the way that seagoing rafts are made to float by displacing an equal weight of

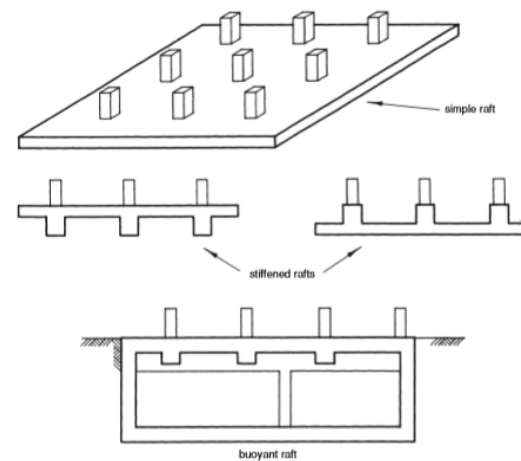


Fig. 1.7 Raft foundations.

water. A cubic metre of soil can weigh as much as three floor loads per square metre, so a deep basement excavation can *displace* the same weight of soil as the weight of the proposed structure. However where there is a high water-table then *floatation* of the raft can occur, if the water pressures exceed the self-weight! Typical examples of rafts are shown in Fig. 1.7.

1.7.4 Piled foundations

Piles are used when they are more economical than the alternatives, or when the ground at foundation level is too weak to support any of the previously described foundation types. Piles are also used on sites where soils are particularly affected by seasonal changes (and/or the action of tree roots), to transfer the structural loads below the level of such influence. Piles can transfer the structure load to stronger soil, or to bedrock and dense gravel. The structural load is supported by the *pile*, acting as a column, when it is end-bearing on rock (or driven into dense gravel), or alternatively by skin friction between the peripheral area of the pile and the surrounding soil (similar to a nail driven into wood) or by a combination of both.

Rapid advances in piling technology have made piling on many sites a viable alternative economic proposition and not necessarily a last resort. The reduction in piling costs has also made possible the use of land which previously

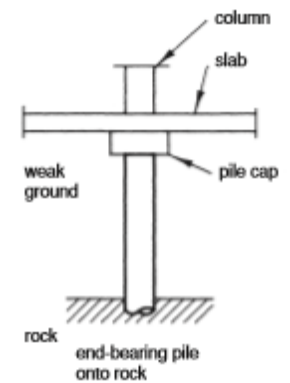
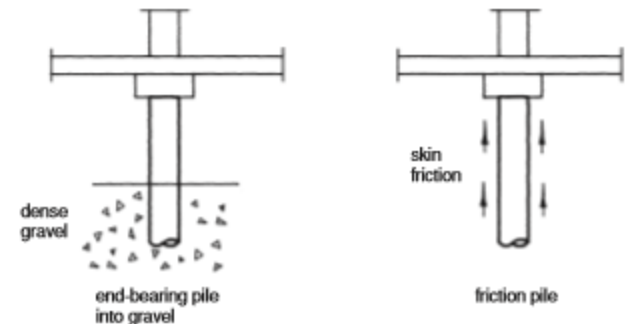


Fig. 1.8 Piled foundations.



Daya Dukung Tanah

Dapat diketahui dengan cara:

- 1) Pengeboran dengan bor mesin untuk mengetahui lapisan tanah.
- 2) Standar Penetration Test (SPT) menggunakan pukulan palu untuk menentukan kepadatan relief lapisan tanah dan memperoleh data kepadatan tanah.
- 3) Dutch Cone Penetrometer Test (DCPT, Sondir) dengan memasukkan alat sondir tegak lurus kedalam tanah untuk mengetahui kedalaman dan kekuatan lapisan tanah, menentukan profil dan karakteristik tanah, menentukan daya dukung pondasi dan memberikan gambaran jenis tanah.

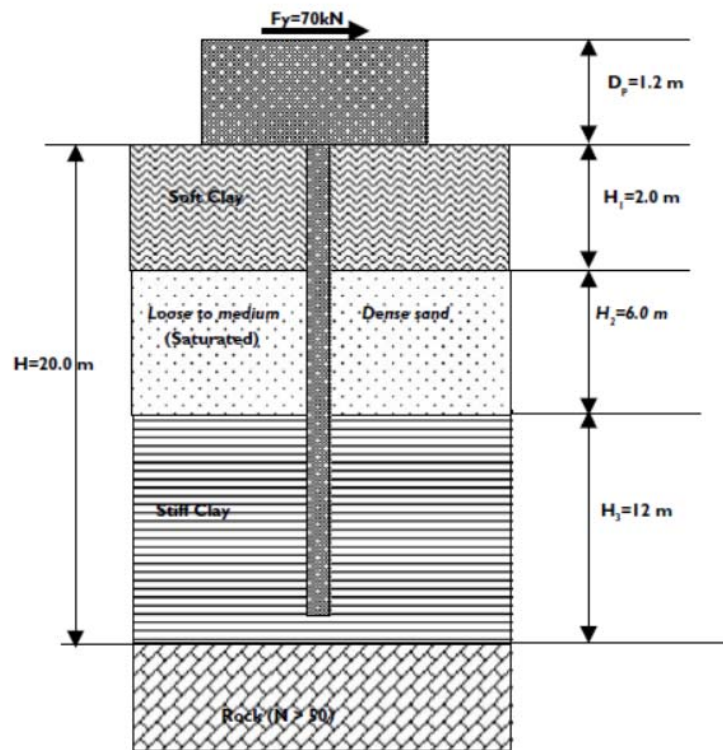


Figure 2.11.7 Pile and pile cap embedded in layered soil.

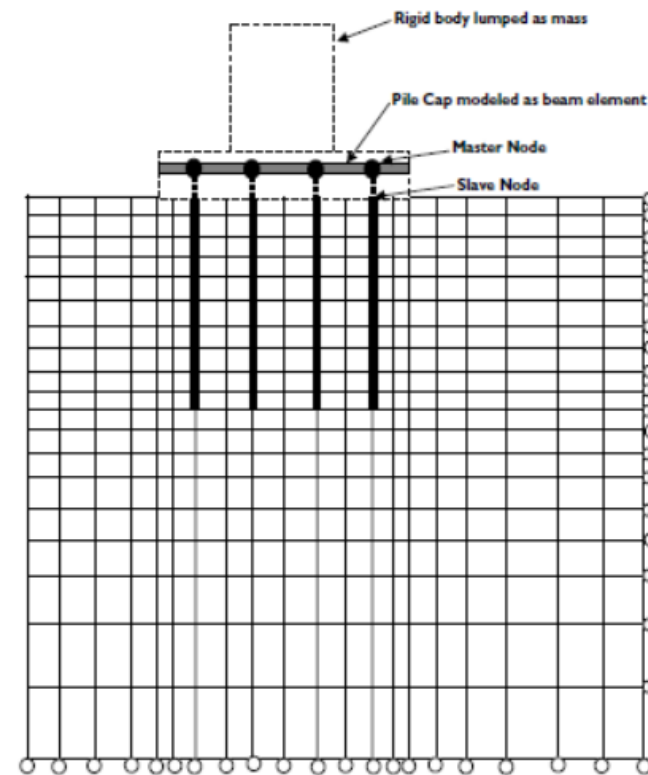


Figure 2.5.2 Finite element model of machine foundation with pile and soil.

2. Konstruksi Utama



1. Dinding pendukung sejajar (Parallel bearing wall)
2. Inti dan dinding pendukung fasade (Core and fasade bearing wall)
3. Boks Berdiri sendiri (Self support box)
4. Plat terkantilever (Cantilevered slab)
5. Plat rata (Flat slab)
6. Interspasia (interspatial)
7. Gantung (Suspension)
8. Rangka Selang Seling (Staggered truss)
9. Rangka Kaku (Rigid frame)
10. Rangka Kaku dan Inti (Rigid frame and core)
11. Rangka Trussed (Trussed frame)
12. Rangka Belt trussed dan inti (Belt trussed frame and core)
13. Tabung dalam tabung (Tube in tube)
14. Kumpulan tabung (Bundled tube)

3. Konstruksi Atap

Tiga komponen penyusun atap:

1. Struktur atap (rangka atap dan penopang rangka atap);
2. Penutup atap (genteng, polikarbonat);
3. Pelengkap atap (talang horizontal/vertikal dan lisplang)

4 jenis struktur atap yaitu:

1. Struktur dinding (sopi-sopi) rangka kayu
2. Kuda-kuda dan rangka kayu
3. Struktur baja konvensional
4. Struktur baja ringan

Jurai dalam

Jurai dalam ialah bagian yang tajam pada atap, berjalan dari garis tiris atap sampai bubungan, dan terdapat pada pertemuan dua bidang atap pada sudut bangunan kedalam.

Jurai luar

Jurai luar, ialah bagian yang tajam pada atap, berjalan dari garis tiris atap sampai bubungan, terdapat pada pertemuan dua bidang atap pada sudut bangunan ke luar.

Bubungan (nok)

Merupakan sisi atap yang teratas, selalu dalam keadaan datar dan umumnya menentukan arah bangunan.

Gording

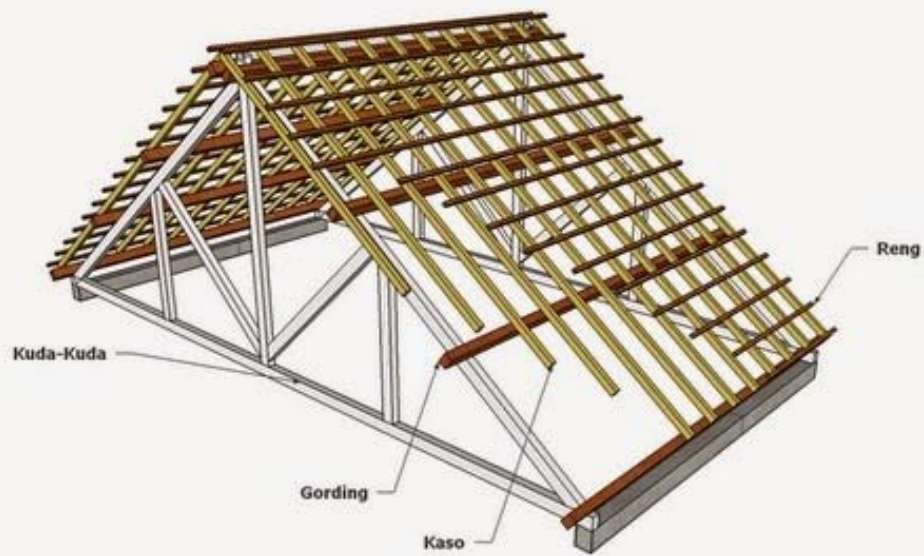
Balok atap sebagai pengikat yang menghubungkan antar kuda-kuda. Gording juga menjadiudukan untuk kasau dan balok jurai dalam.

Kasau

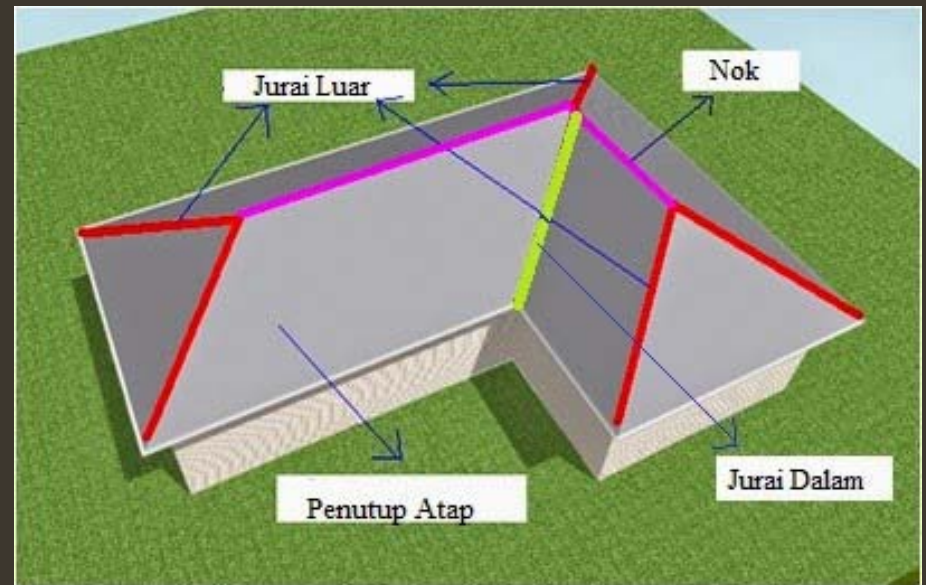
Komponen atap yang terletak diatas gording dan menjadiudukan untuk reng.

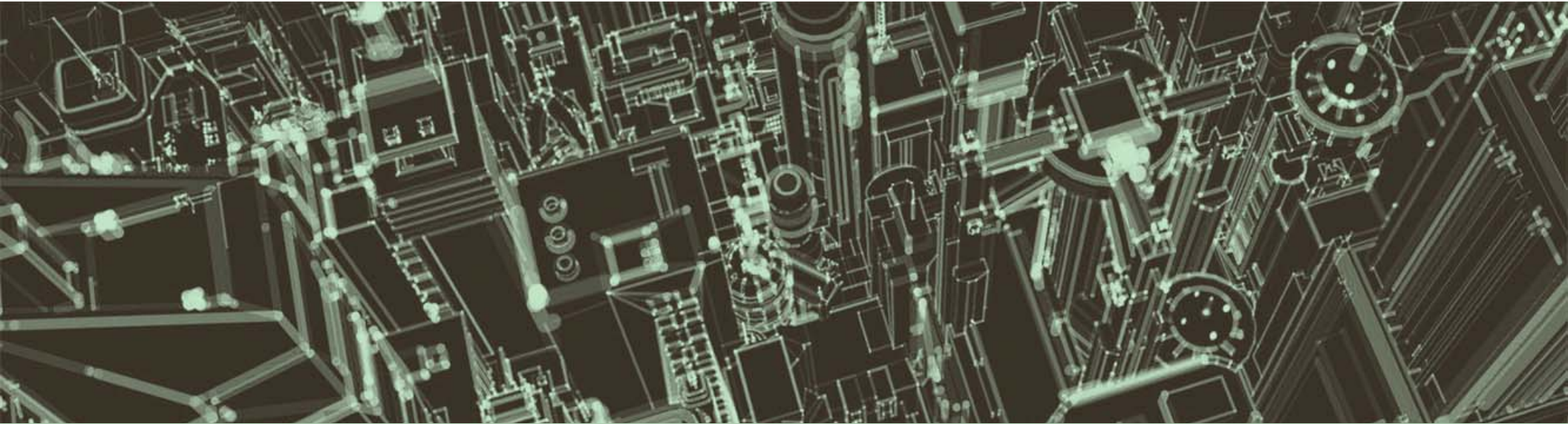
Reng

Komponen atap yang memiliki profil paling kecil dalam bentuk dan ukurannya. Posisinya melintang diatas kasau. Reng berfungsi sebagai penahan penutup atap (genteng dan lain-lain). Fungsi lainnya adalah sebagai pengatur jarak tiap genteng agar rapi dan lebih “terikat”. Jarak antar reng tergantung pada ukuran genteng yang akan dipakai. Semakin besar dimensi genteng, semakin sedikit reng sehingga biaya pun lebih hemat.



Gambar Konfigurasi Standar Rangka Atap
(Contoh di atas dari Rangka Kayu)





PEMBEBANAN Struktur Bangunan Tinggi



Beban pada High Rise Building

• BEBAN VERTICAL :

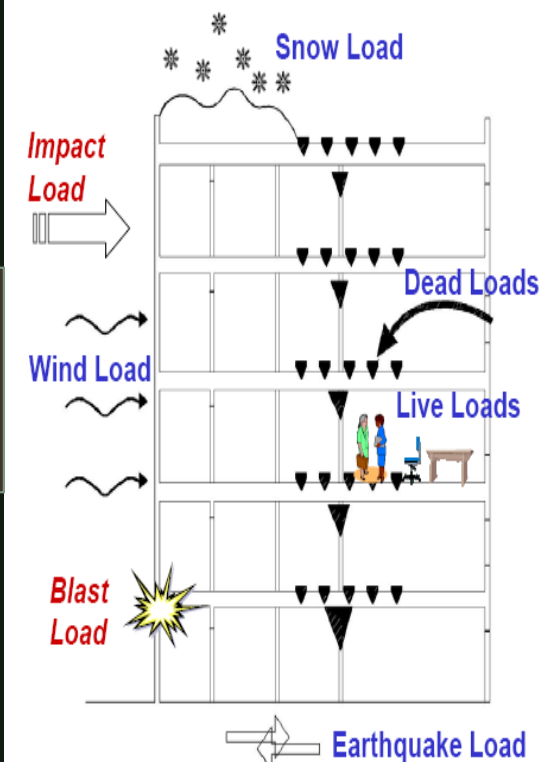
- ❖ Beban Hidup
- ❖ Beban Mati
- ❖ Beban akibat hujan atau salju

• BEBAN HORIZONTAL (LATERAL LOADS) :

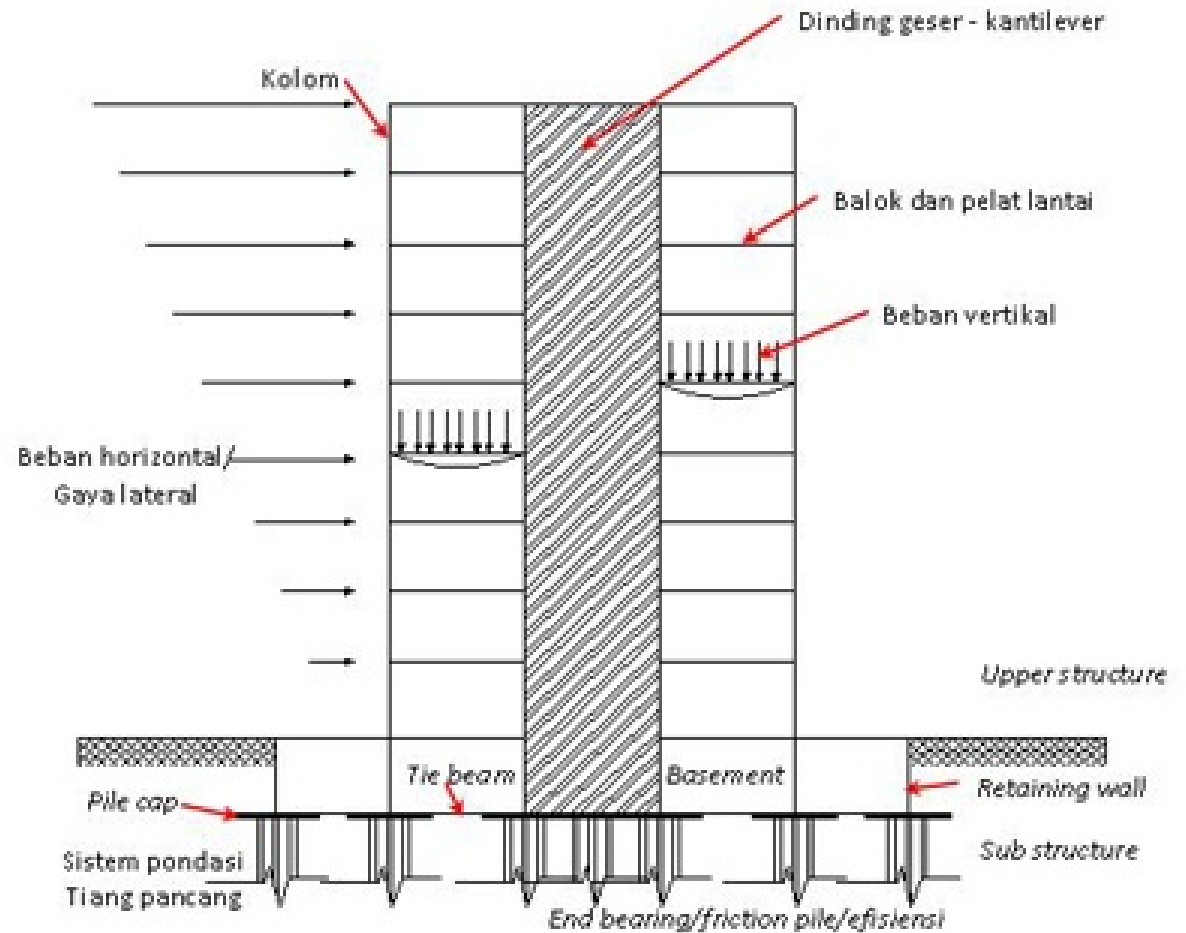
- ❖ Beban Angin
- ❖ Beban Bergerak (Gempa)

• BEBAN TAK TERDUGA :

- ❖ Beban Impact
- ❖ Beban akibat ledakan

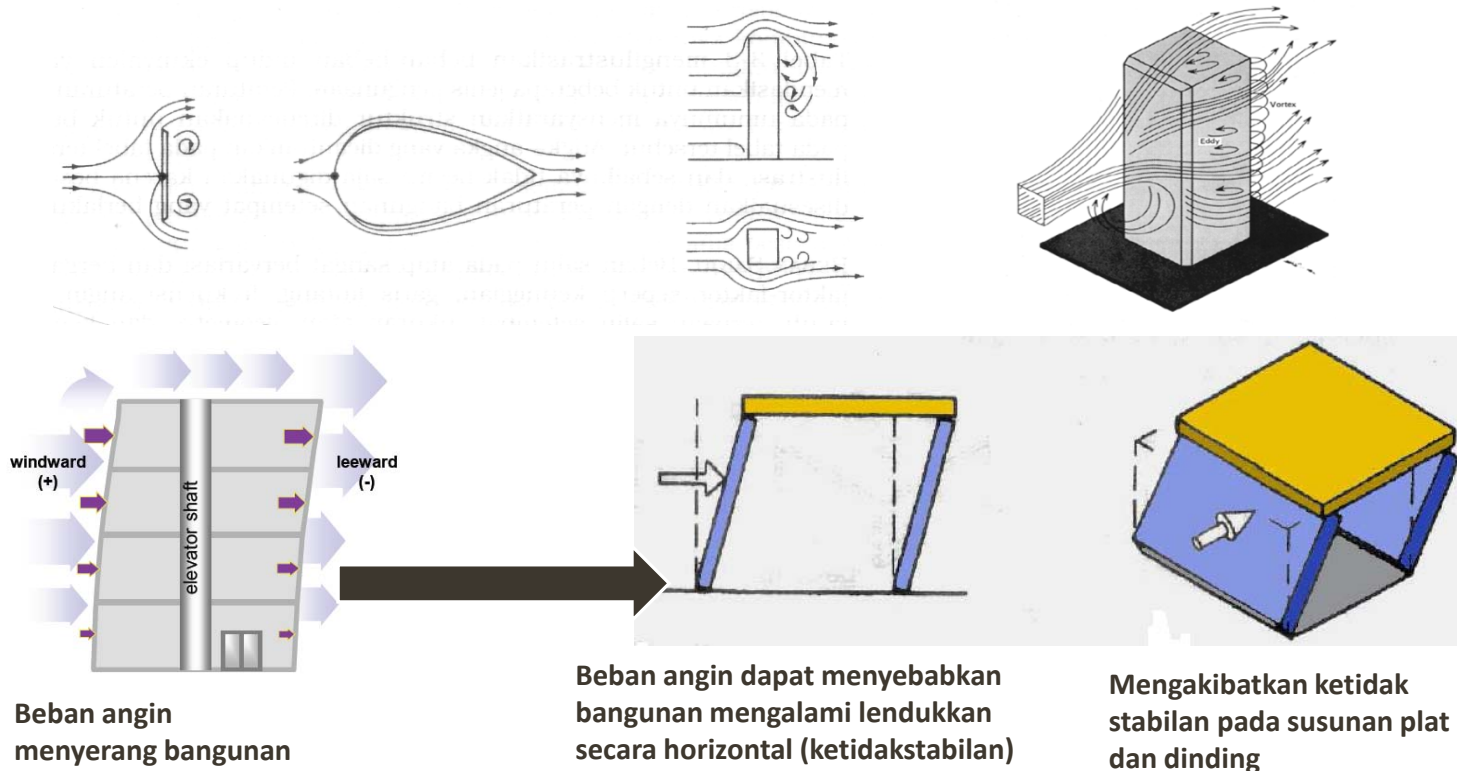


Struktur dan pembebanan pada bangunan tinggi



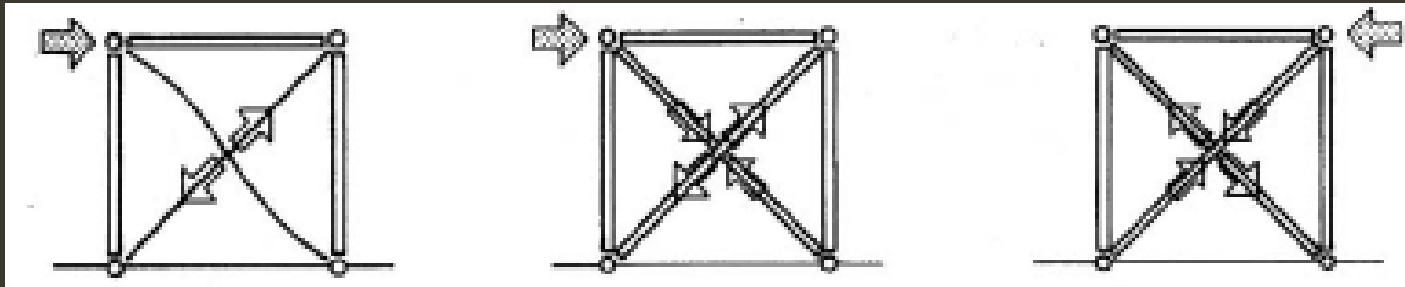
Beban Angin

Struktur yang berada pada lintasan angin akan menyebabkan angin berbelok atau dapat berhenti. Sebagai akibatnya, energi kinetik angin akan berubah bentuk menjadi energi potensial yang berupa tekanan atau isapan pada struktur.

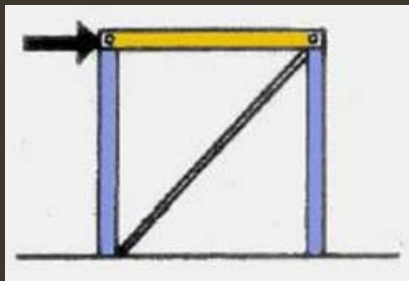


Cara mengatasi beban angin :

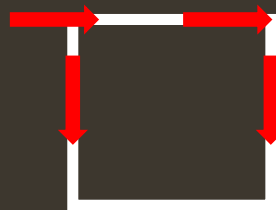
Penggunaan X-Brace Frame untuk menyalurkan beban angin



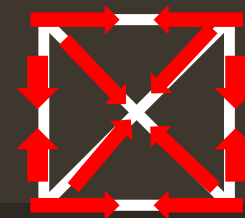
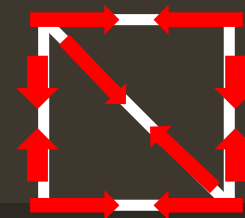
Penggunaan truss



Penyaluran beban berbentuk segitiga, sehingga diberi truss atau X-Brace Frame



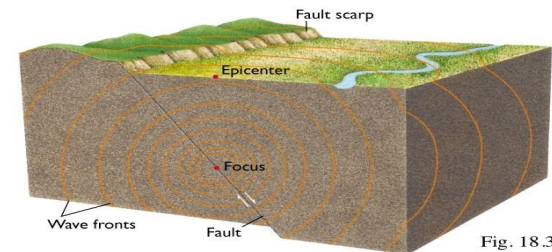
Pertemuan 2 buah gaya akan menghasilkan momen nol, karena $F_{aksi} = F_{reaksi}$



Faktor Gempa pada bangunan tinggi

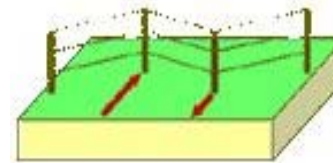
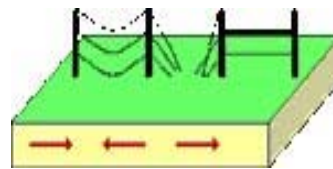
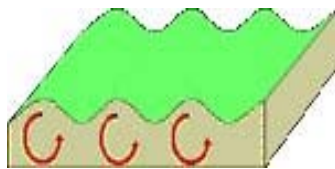
Gempa Bumi adalah pergeseran tiba-tiba dari lapisan tanah di bawah permukaan bumi yang menimbulkan getaran yang disebut gelombang seismik. Gelombang ini menjalar menjauhi fokus gempa ke segala arah di dalam bumi. Ketika gelombang ini mencapai permukaan bumi, getarannya bisa merusak atau tidak tergantung pada kekuatan sumber dan jarak fokus, disamping itu juga mutu bangunan dan mutu tanah dimana bangunan berdiri.

Seismic Waves Radiate from the Focus of an Earthquake

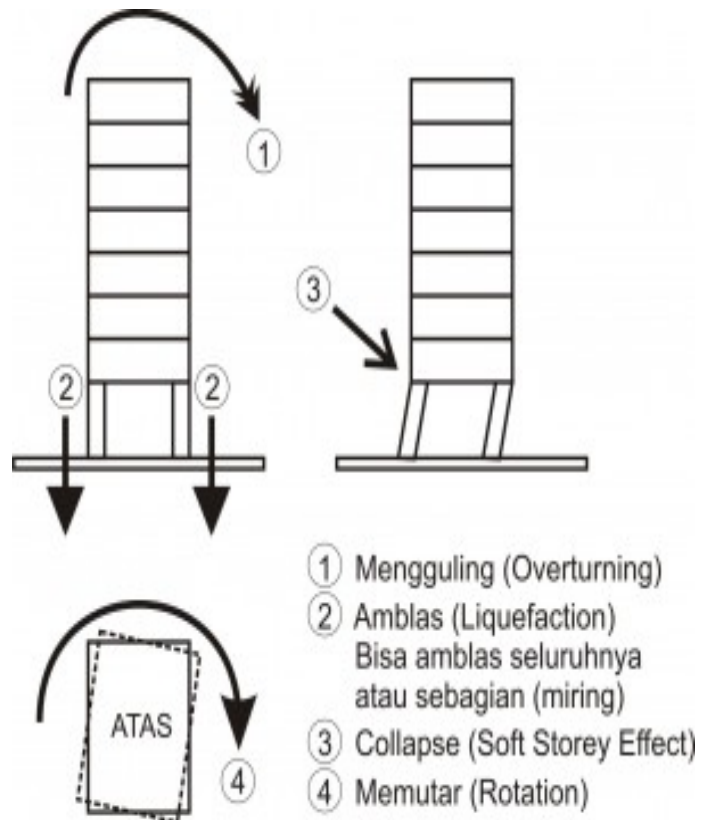


Jenis Gempa

- Gempa vulkanik adalah gempa yang disebabkan oleh kegiatan gunung api. Magma yang berada pada kantong di bawah gunung tersebut mendapat tekanan dan melepaskan energinya secara tiba-tiba sehingga menimbulkan getaran tanah.
- Karakteristik Gempa Vulkanik
Gempa vulkanik biasanya terjadi di daerah sekitar gunung api dan magnitudenya pada umumnya kecil rata rata kurang dari 5 Skala Richter. Gempa vulkanik dengan magnitude 5-6 sangat jarang terjadi. Kedalaman gempa vulkanik berkisar antara 0-40 km.
- Gempa bumi runtuh :
biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun pada daerah pertambangan, gempa bumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal.
- Gempa bumi buatan :
disebabkan oleh aktivitas dari manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir atau palu yang dipukulkan ke permukaan bumi.



Beban Gempa

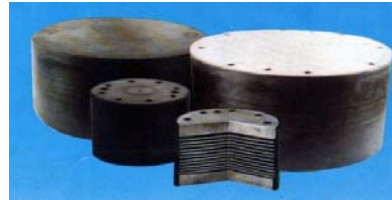


STRUKTUR PENAHAN GEMPA





Seismic Bearing

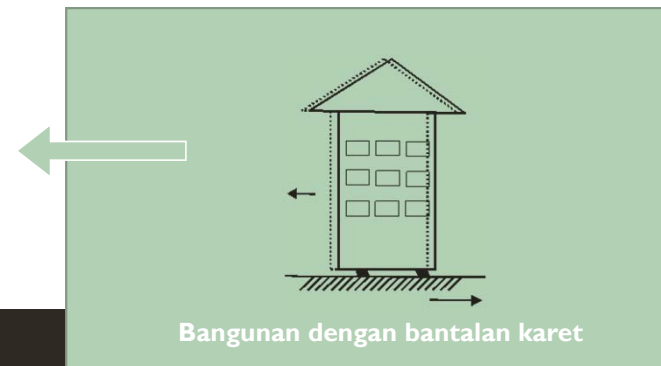


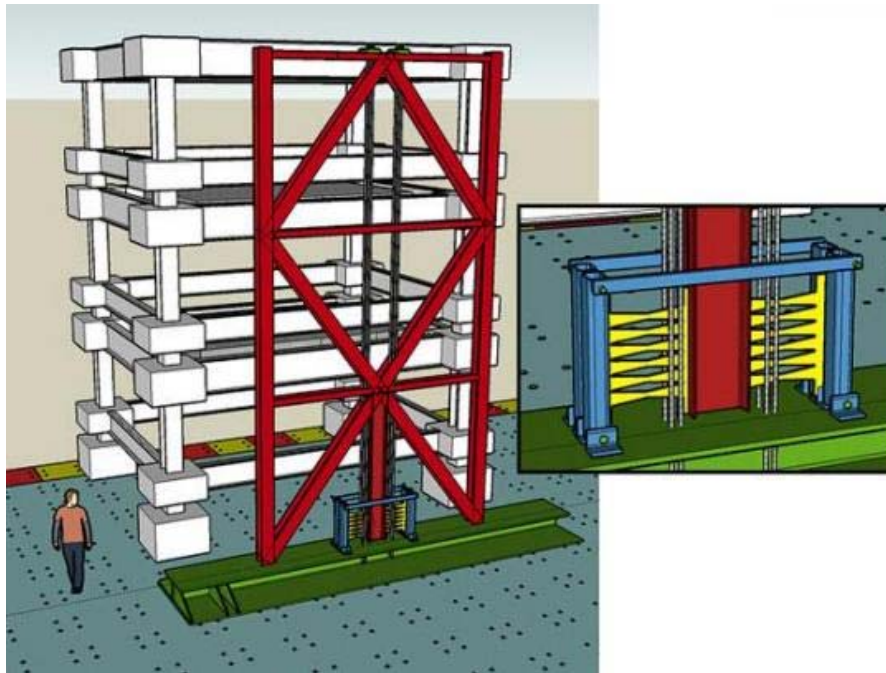
Penggunaan Bantalan karet alam untuk melindungi bangunan terhadap gempa bumi, yang dikenal sebagai base isolation tampaknya akan semakin luas dan berkembang dimasa mendatang. Indonesia sebagai salah satu negara yang rawan gempa diperlu teknologi pembuatan bantalan tahan gempa.



Bangunan yg tanpa bantalan karet, jika terkena getaran / gempa akan bergoyang tidak stabil. Yg akan terjadi bangunan akan runtuh.

Bangunan yg menggunakan bantalan karet jika terkena getaran atau gempa akan tetap bergetar namun tetap stabil.





Pada gambar skematik di atas terlihat yang berwarna merah adalah rangka baja utama (*steel braced-frame*). Warna putih adalah simulasi gedung tiga lantai. Warna kuning adalah sekering yang terletak di dasar rangka (gambar inset). Di depan dan belakang sekering terdapat kabel baja vertikal untuk menarik gedung ke posisi semula saat gempa berhenti.

RANGKA GOYANG

Rangka baja ini dirancang untuk bisa bergoyang ke atas dan ke bawah saat serangan gempa terjadi. Di tengah rangka baja ini terdapat *tendon* (urat) baja yang bergerak elastis untuk mengendalikan goyangan. Tendon ini juga berfungsi untuk mengembalikan posisi bangunan ke tempat semula saat getaran gempa sudah berhenti. Berbeda dengan sistem konvensional, rangka baja ini benar-benar bergoyang terpisah dari pondasi saat terjadi gempa besar. Sekering baja juga turut menjaga bangunan dari kerusakan. Sekering ini berfungsi untuk menyalurkan energi gempa agar bisa membatasi kerusakan hanya pada area tertentu. Sekering ini, seperti sekering listrik, bisa diganti bila rusak.



Kajun Kothas

