

POKOK BAHASAN 1

PENGANTAR KONSTRUKSI BANGUNAN BENTANG LEBAR

Pendahuluan

Struktur bangunan adalah bagian dari sebuah sistem bangunan yang bekerja untuk menyalurkan beban yang diakibatkan oleh adanya bangunan di atas tanah. Fungsi struktur dapat disimpulkan untuk memberi kekuatan dan kekakuan yang diperlukan untuk mencegah sebuah bangunan mengalami keruntuhan. Struktur merupakan bagian bangunan yang menyalurkan beban-beban. Beban-beban tersebut menumpu pada elemen elemen untuk selanjutnya disalurkan ke bagian bawah tanah bangunan sehingga beban-beban tersebut akhirnya dapat di tahan.

Klasifikasi Struktur

Untuk dapat memahami suatu bidang ilmu termasuk struktur bangunan, maka pengetahuan tentang bagaimana kelompok-kelompok dalam struktur dibedakan, diurutkan, dan dinamakan secara sistematis sangat diperlukan. Pengetahuan tentang kriteria dan kemungkinan hubungan dari bentuk-bentuk menjadi dasar untuk mengklasifikasikan struktur bangunan. Metode umum yang sering digunakan adalah mengklasifikasikan elemen struktur dan sistemnya menurut bentuk dan sifat isik dasar dari suatu konstruksi, seperti pada Gambar 2.

Klasifikasi struktur berdasarkan **geometri atau bentuk dasarnya**:

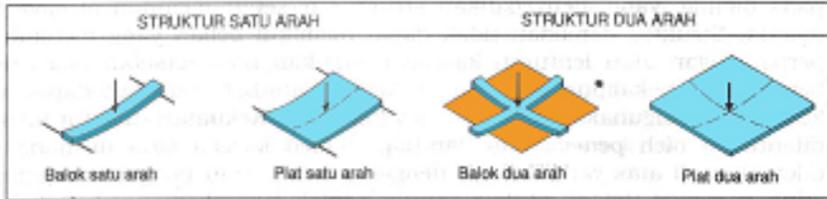
- Elemen garis atau elemen yang disusun dari elemen-elemen garis, adalah klasifikasi elemen yang panjang dan langsing dengan potongan melintangnya lebih kecil dibandingkan ukuran panjangnya. Elemen garis dapat dibedakan atas garis lurus dan garis lengkung.
- Elemen permukaan adalah klasifikasi elemen yang ketebalannya lebih kecil dibandingkan ukuran panjangnya. Elemen permukaan, dapat berupa datar atau lengkung. Elemen permukaan lengkung bisa berupa lengkung tunggal ataupun lengkung ganda

Klasifikasi struktur berdasarkan **karakteristik kekakuannya elemennya**:

- Elemen kaku, biasanya sebagai batang yang tidak mengalami perubahan bentuk yang cukup besar apabila mengalami gaya akibat beban-beban.
- Elemen tidak kaku atau fleksibel, misalnya kabel yang cenderung berubah menjadi bentuk tertentu pada suatu kondisi pembebanan. Bentuk struktur ini dapat berubah drastis sesuai perubahan pembebanannya. Struktur fleksibel akan mempertahankan keutuhan fisiknya meskipun bentuknya berubah-ubah.

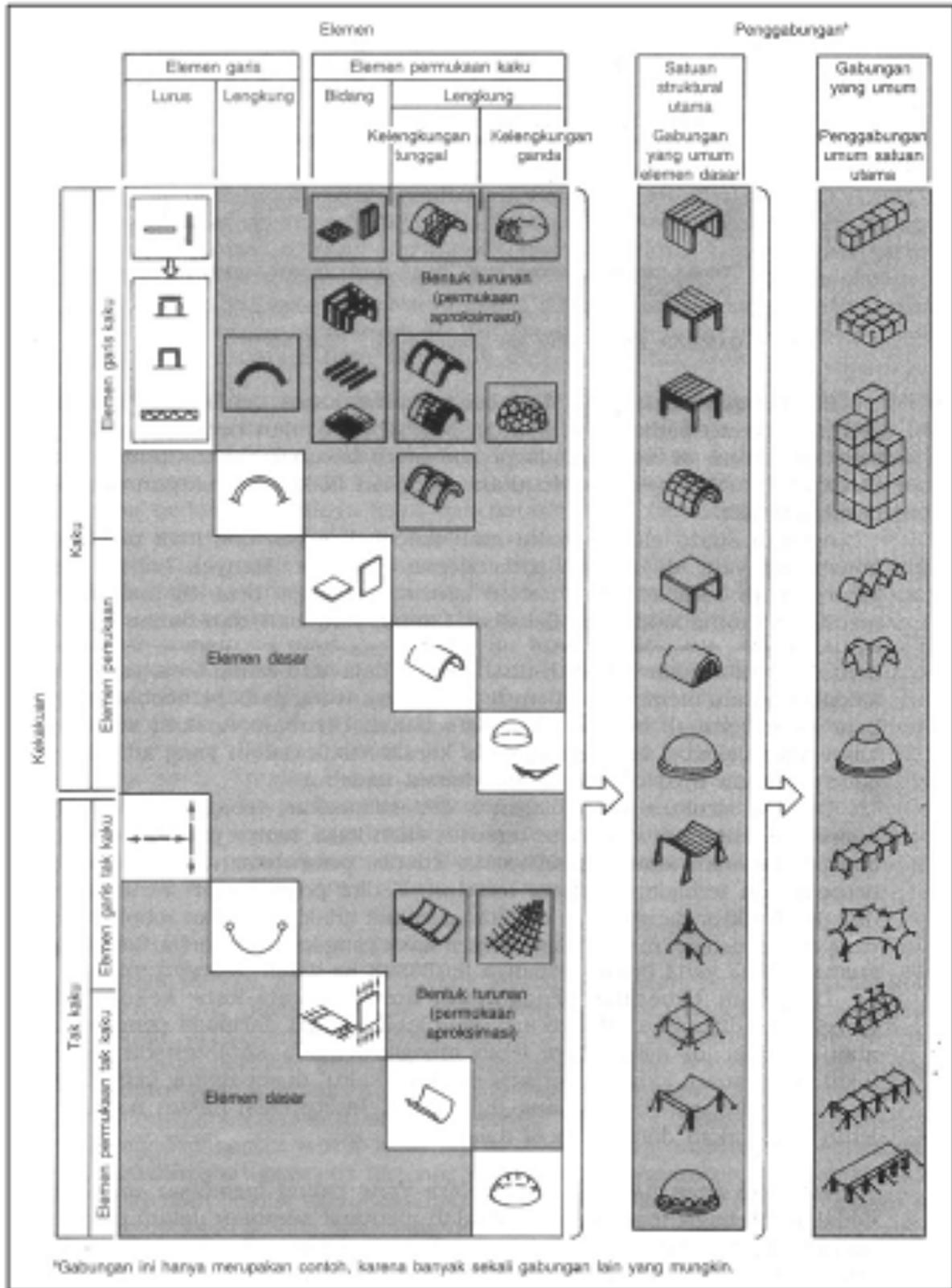
Berdasarkan **susunan elemen**, dibedakan menjadi 2 sistem seperti diilustrasikan pada Gambar 1:

- Sistem satu arah, dengan mekanisme transfer beban dari struktur untuk menyalurkan ke tanah merupakan aksi satu arah saja. Sebuah balok yang terbentang pada dua titik tumpuan adalah contoh sistem satu arah.
- Sistem dua arah, dengan dua elemen bersilangan yang terletak di atas dua titik tumpuan dan tidak terletak di atas garis yang sama. Suatu pelat bujur sangkar datar yang kaku dan terletak di atas tumpuan pada tepi-tepinya



Gambar 1. Klasifikasi struktur menurut mekanisme transfer beban

Sumber: Schodek, 1999



Gambar 2. Klasifikasi elemen struktur

Sumber: Schodek, 1999

Berdasarkan **material pembentuknya**, dibedakan:

- Struktur kayu
- Struktur baja
- Struktur beton, dll

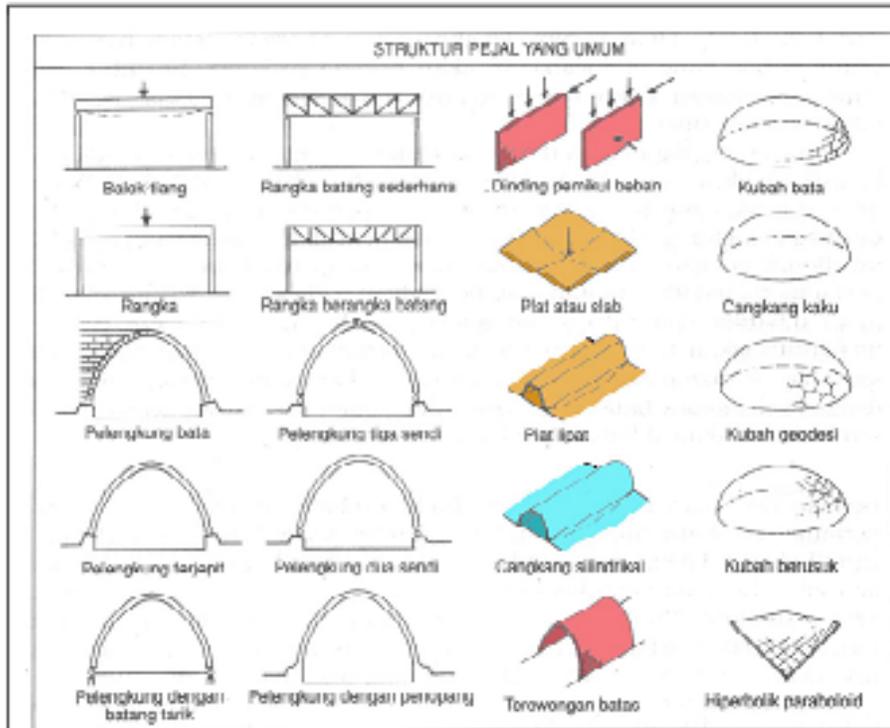
Elemen-elemen Utama Struktur

Elemen-elemen struktur utama seperti pada Gambar 3.9, dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu:

- Elemen kaku yang umum digunakan: balok, kolom, pelengkung, pelat datar, pelat berkelengkungan tunggal dan cangkang.
- Elemen tidak kaku atau fleksibel: kabel, membran atau bidang berpelengkungan tunggal maupun ganda.
- Elemen-elemen yang merupakan rangkaian dari elemen-elemen tunggal: rangka, rangka batang, kubah, dan jaring.

a) Balok dan Kolom

Struktur yang dibentuk dengan cara meletakkan elemen kaku horisontal di atas elemen kaku vertikal. Elemen horisontal (balok) memikul beban yang bekerja secara transversal dari panjangnya dan menyalurkan beban tersebut ke elemen vertikal (kolom) yang menumpunya. Kolom dibebani secara aksial oleh balok, dan akan menyalurkan beban tersebut ke tanah. Balok akan melentur sebagai akibat dari beban yang bekerja secara transversal, sehingga balok sering disebut memikul beban secara melentur. Kolom tidak melentur ataupun melendut karena pada umumnya mengalami gaya aksial saja. Pada suatu bangunan struktur balok dapat merupakan balok tunggal di atas tumpuan sederhana ataupun balok menerus. Pada umumnya balok menerus merupakan struktur yang lebih menguntungkan dibanding balok bentangan tunggal di atas dua tumpuan sederhana.



Gambar 3. Jenis-jenis elemen struktur

b) Rangka

Struktur rangka secara sederhana sama dengan jenis balok-tiang (post-and-beam), tetapi dengan aksi struktural yang berbeda karena adanya titik hubung kaku antar elemen vertikal dan elemen horizontalnya. Kekakuan titik hubung ini memberi kestabilan terhadap gaya lateral. Pada sistem rangka ini, balok maupun kolom akan melentur sebagai akibat adanya aksi beban pada struktur. Pada struktur rangka panjang setiap elemen terbatas, sehingga biasanya akan dibuat dengan pola berulang.

c) Rangka Batang

Rangka batang (trusses) adalah struktur yang dibuat dengan menyusun elemen linier berbentuk batang-batang yang relatif pendek dan lurus menjadi pola-pola segitiga. Rangka batang yang terdiri atas elemen-elemen diskrit akan melendut secara keseluruhan apabila mengalami pembebanan seperti halnya balok yang terbebani transversal. Setiap elemen batangnya tidak melentur tetapi hanya akan mengalami gaya tarik atau tekan saja.

d) Pelengkung

Pelengkung adalah struktur yang dibentuk oleh elemen garis yang melengkung dan membentang antara dua titik. Struktur ini umumnya terdiri atas potongan-potongan kecil yang mempertahankan posisinya akibat adanya pembebanan. Bentuk lengkung dan perilaku beban merupakan hal pokok yang menentukan apakah struktur tersebut stabil atau tidak. Kekuatan struktur tergantung dari bahan penyusunnya serta beban yang akan bekerja padanya. Contoh struktur pelengkung adalah pelengkung yang dibentuk dari susunan bata. Bentuk struktur pelengkung yang

banyak digunakan pada bangunan modern adalah pelengkung kaku (rigid arch). Struktur ini hampir sama dengan pelengkung bata tetapi terbuat dari material kaku. Struktur pelengkung kaku dapat menahan beban aksial lebih baik tanpa terjadi lendutan atau bengkokan pada elemen strukturnya, jika dibandingkan dengan pelengkung bata.

e) Dinding dan Plat

Pelat datar dan dinding adalah struktur kaku pembentuk permukaan. Suatu dinding pemikul beban dapat memikul beban baik beban yang bekerja dalam arah vertikal maupun beban lateral seperti beban angin maupun gempa. Jika struktur dinding terbuat dari susunan material kecil seperti bata, maka kekuatan terhadap beban dalam arah tegak lurus menjadi sangat terbatas. Struktur pelat datar digunakan secara horisontal dan memikul beban sebagai lentur dan meneruskannya ke tumpuan. Struktur pelat dapat terbuat dari beton bertulang ataupun baja. Pelat horisontal dapat dibuat dengan pola susunan elemen garis yang kaku dan pendek, dan bentuk segitiga tiga dimensi digunakan untuk memperoleh kekakuan yang lebih baik. Struktur pelat dapat berupa pelat lipat (folded plate) yang merupakan pelat kaku, sempit, panjang, yang digabungkan di sepanjang sisi panjangnya dan digunakan dengan bentang horisontal.

f) Cangkang silindrikal dan terowongan

Cangkang silindrikal dan terowongan merupakan jenis struktur pelat-satu-kelengkungan. Struktur cangkang memiliki bentang longitudinal dan kelengkungannya tegak lurus terhadap diameter bentang. Struktur cangkang yang cukup panjang akan berperilaku sebagai balok dengan penampang melintang adalah kelengkungannya. Bentuk struktur cangkang ini harus terbuat dari material kaku seperti beton bertulang atau baja. Terowongan adalah struktur berpelengkung tunggal yang membentang pada arah transversal. Terowongan dapat dipandang sebagai pelengkung menerus.

g) Kubah dan Cangkang Bola

Kubah dan cangkang bola merupakan bentuk struktur berkelengkungan ganda. Bentuk kubah dan cangkang dapat dipandang sebagai bentuk lengkungan yang diputar. Umumnya dibentuk dari material kaku seperti beton bertulang, tetapi dapat pula dibuat dari tumpukan bata. Kubah dan cangkang bola adalah struktur yang sangat efisien yang digunakan pada bentang besar, dengan penggunaan material yang relatif sedikit. Struktur bantuk kubah dapat juga dibuat dari elemen-elemen garis, kaku, pendek dengan pola yang berulang, contohnya adalah kubah geodesik.

h) Kabel

Kabel adalah elemen struktur fleksibel. Bentuk struktur kabel tergantung dari besar dan perilaku beban yang bekerja padanya. Struktur kabel yang ditarik pada kedua ujungnya, berbentuk lurus saja disebut tierod. Jika pada bentangan kabel terdapat beban titik eksternal maka bentuk kabel akan berupa segmen-segmen garis. Jika beban yang dipikul adalah beban terbagi merata, maka kabel akan berbentuk lengkungan, sedangkan berat sendiri struktur kabel akan menyebabkan bentuk lengkung yang disebut catenary-curve.

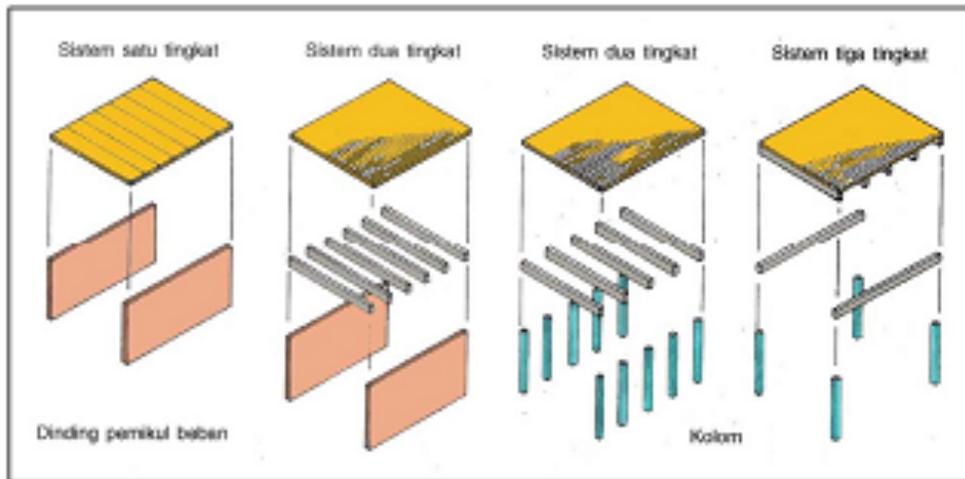
i) Membran, Tenda dan Jaring

Membran adalah lembaran tipis dan fleksibel. Tenda biasanya dibentuk dari permukaan membran. Bentuk strukturnya dapat berbentuk sederhana maupun kompleks dengan menggunakan membran-membran. Untuk permukaan dengan kelengkungan ganda seperti permukaan bola, permukaan aktual harus tersusun dari segmen-segmen yang jauh lebih kecil karena umumnya membran hanya tersedia dalam bentuk lembaran-lembaran datar. Membran fleksibel yang dipakai pada permukaan dengan menggantungkan pada sisi cembung berarah ke bawah, atau jika berarah keatas harus ditambahkan mekanisme tertentu agar bentuknya dapat tetap. Mekanisme lain adalah dengan menarik membran agar mempunyai bentuk tertentu. Jaring adalah permukaan tiga dimensi yang terbuat dari sekumpulan kabel lengkung yang melintang.

Satuan Struktur Utama dan Penggabungannya

Dalam bidang teknik sipil aplikasi struktur terutama dibedakan pada jenis struktur gedung dan struktur untuk bangunan lain. Pada struktur gedung kombinasi struktur selalu berperilaku untuk membentuk volume (ruang) tertentu. Sedangkan bangunan lain (contohnya jembatan), struktur bangunan berfungsi untuk memikul permukaan linear. Satuan struktural utama adalah struktur minimum yang digunakan pada konteks bangunan gedung yang dapat dipergunakan baik secara individual maupun secara berulang. Sebagai contoh, empat kolom beserta permukaan bidang kaku yang ditumpunya membentuk volume ruang tertentu merupakan satuan struktural utama. Satuan ini dengan susunan bersebelahan maupun bertumpuk akan membentuk volume ruang yang lebih besar. Jika diletakkan bersebelahan maka kolom-kolom dapat dipergunakan bersama oleh masing-masing satuan. Satuan struktural utama dapat terdiri atas kombinasi elemen-elemen linier/garis, bidang/permukaan, vertikal maupun horisontal, baik tunggal maupun rangkaian rangka. Satuan struktural yang biasa dijumpai dapat dibedakan menjadi:

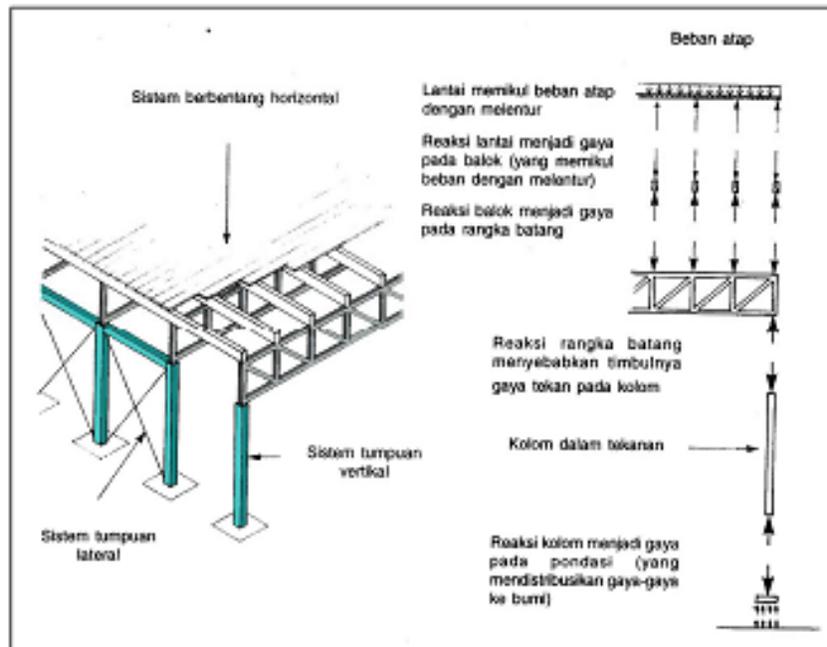
- Sistem yang membentang secara horisontal
- Sistem yang membentang secara vertikal
- Sistem tumpuan lateral.



Gambar 4. Susunan sistem struktur penahan bentan horisontal untuk bentang pendek

Sumber: Schodek, 1999

Pada permukaan datar, sistem yang membentang secara horisontal dapat terdiri atas satu atau dua elemen yang membentang. Untuk sistem yang terdiri atas elemen-elemen pembentang secara vertikal dapat berupa hirarki: bidang pembentuk permukaan yang terbentang pendek akan ditumpu oleh balok-balok sekunder (balok anak) yang berjarak dekat antara satu dengan lainnya, balok-balok sekunder selanjutnya akan dipikul oleh balok-balok lain (utama/induk) yang lebih besar dengan jarak yang lebih lebar, balok-balok utama ini yang akan menyalurkan beban ke elemen pemikul vertikal. Hirarki elemen-elemen struktur dapat terdiri atas dua lapis, tiga lapis atau lebih, tetapi hirarki tiga lapis adalah hirarki yang paling sering digunakan. (Gambar 4). Pada situasi dengan bentang-bentang pendek sistem lantai dan balok-balok sering digunakan, sedangkan untuk bentang struktur yang panjang rangka batang atau struktur kabel merupakan sistem yang banyak digunakan (Gambar 5).



Gambar 5. Susunan sistem struktur penahan bentang horisontal untuk bentang lebar atau panjang

Beban-beban yang bekerja pada arah horisontal seperti angin atau gempa dapat menyebabkan struktur runtuh secara lateral. Struktur dinding dapat memikul beban-beban tersebut, sebaliknya sistem balok dan kolom membutuhkan elemen-elemen pemikul lain misalnya elemen linier diagonal.

Faktor-faktor yang mempengaruhi struktur

Kriteria desain struktur

Untuk melakukan desain dan analisis struktur perlu ditetapkan kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan bahwa struktur sesuai dengan manfaat penggunaannya. Beberapa kriteria desain struktur: Kemampuan layan (serviceability) Struktur harus mampu memikul beban rancangan secara aman, tanpa kelebihan tegangan pada material dan mempunyai batas deformasi dalam batas yang diizinkan.

a. Kemampuan layan meliputi:

- Kriteria kekuatan yaitu pemilihan dimensi serta bentuk elemen struktur pada taraf yang dianggap aman sehingga kelebihan tegangan pada material (misalnya ditunjukkan adanya keretakan) tidak terjadi.
- variasi kekakuan struktur yang berfungsi untuk mengontrol deformasi yang diakibatkan oleh beban. Deformasi merupakan perubahan bentuk bagian struktur yang akan tampak jelas oleh pandangan mata, sehingga sering tidak diinginkan terjadi. Kekakuan sangat tergantung pada jenis, besar, dan distribusi bahan pada sistem struktur. Untuk mencapai kekakuan struktur seringkali diperlukan elemen struktur yang cukup banyak bila dibandingkan untuk memenuhi syarat kekuatan struktur.
- gerakan pada struktur yang juga berkaitan dengan deformasi. Kecepatan dan percepatan aktual struktur yang memikul beban dinamis dapat dirasakan oleh pemakai bangunan, dan dapat menimbulkan rasa tidak nyaman. Pada struktur bangunan tinggi terdapat gerakan struktur akibat beban angin. Untuk itu diperlukan kriteria mengenai batas kecepatan dan percepatan yang diizinkan. Kontrol akan tercapai melalui manipulasi kekakuan struktur dan karakteristik redaman.

b. Efisiensi

Kriteria efisiensi mencakup tujuan untuk mendesain struktur yang relatif lebih ekonomis. Indikator yang sering digunakan pada kriteria ini adalah jumlah material yang diperlukan untuk memikul beban. Setiap sistem struktur dapat memerlukan material yang berbeda untuk memberikan kemampuan layan struktur yang sama. Penggunaan volume yang minimum sebagai kriteria merupakan konsep yang penting bagi arsitek maupun perencana struktur.

c. Konstruksi

Tinjauan konstruksi juga akan mempengaruhi pilihan struktural. Konstruksi merupakan kegiatan perakitan elemen-elemen atau material-material struktur. Konstruksi akan efisien apabila materialnya mudah dibuat dan dirakit. Kriteria konstruksi sangat luas mencakup tinjauan tentang cara atau metode untuk melaksanakan struktur bangunan, serta jenis dan alat yang diperlukan dan waktu penyelesaian. Pada umumnya perakitan dengan bagian-bagian yang bentuk dan ukurannya mudah dikerjakan dengan peralatan konstruksi yang ada merupakan hal yang dikehendaki.

d. Ekonomis

Harga merupakan faktor yang menentukan pemilihan struktur. Konsep harga berkaitan dengan efisiensi bahan dan kemudahan pelaksanaannya. Harga total sesuatu struktur sangat bergantung pada banyak dan harga material yang digunakan, serta biaya tenaga kerja pelaksana konstruksi, serta biaya peralatan yang diperlukan selama pelaksanaan. Lain-lain Selain faktor yang dapat diukur seperti kriteria sebelumnya, kriteria relatif yang lebih subyektif juga akan menentukan pemilihan struktur. Peran struktur untuk menunjang tampilan dan estetika oleh perancang atau arsitek bangunan termasuk faktor yang juga sangat penting dalam pertimbangan struktur.