

Makalah ini diajukan untuk memenuhi salah satu tgs pokok dari mata kuliah Struktur bangunan

STRUKTUR BANGUNAN

Disusun Oleh :
Farly Fadillah
Riri Caturias

Pendidikan Teknik Arsitektur
Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan
Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Universitas Pendidikan Indonesia
2006

Struktur Rangka atau Skeleton

1. Kontruksi Rangka

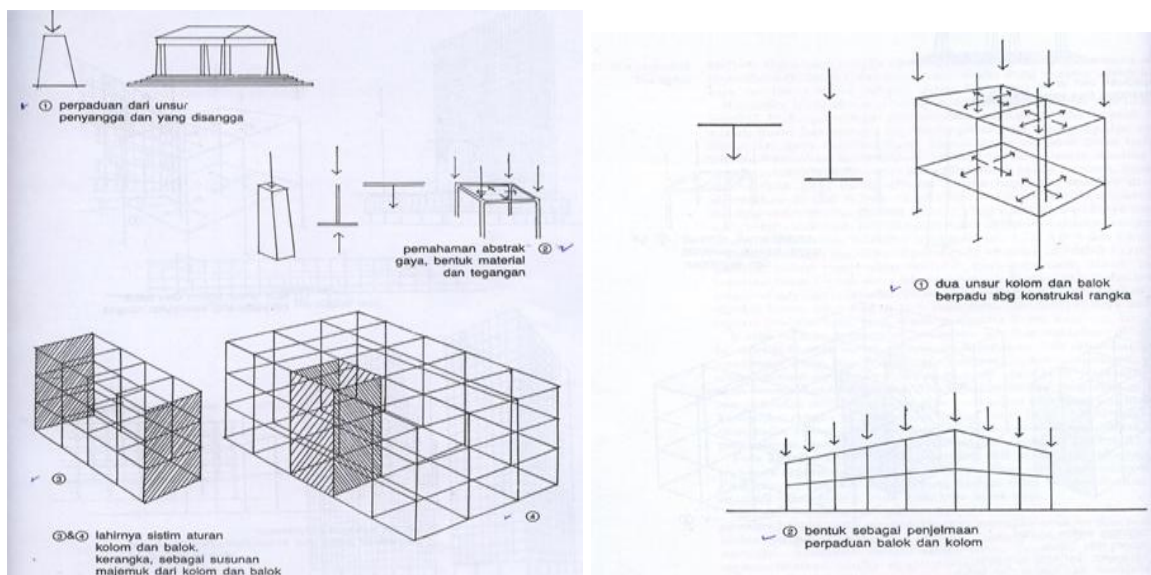
Bentuk kontruksi rangka adalah perwujudan dari pertentangan antara gaya tarik bumi dan kekokohan; dan kontruksi rangka yg modern adalah hasil penggunaan baja dan beton secara rasional dlm bangunan.

Kerangka ini terdiri atas komposisi dari kolom-kolom dan balok-balok. Unsur vertikal, berfungsi sebagai penyalur beban dan gaya menuju tanah, sedangkan balok adalah unsur horizontal yg berfungsi sebagai pemegang dan media pembagian lentur. Kemudian kebutuhan-kebutuhan terhadap lantai, dinding dan sebagainya untuk melengkapi kebutuhan bangunan untuk hidup manusia, dapat diletakkan dan ditempelkan pada kedua elemen rangka bangunan tsb diatas. Jadi dapat dinyatakan disini bahwa rangka ini berfungsi sebagai struktur bangunan dan dinding-dinding atau elemen lainnya yg menempel padanya merupakan elemen yg tidak structural.

Bahan-bahan yg dapat dipakai pada struktur ini adalah kayu, baja, beton atau lain-lain bahan yg tahan terhadap gaya tarik, tekan, punter, dan lentur. Untuk masa kini banyak digunakan baja dan beton yg mampu menahan gaya-gaya tsb dalam skala besar. Untuk bahan pengisinya dapat dipakai bahan yg ringan atau yg tidak mempunyai daya dukung yg besar seperti susunan batu bata, dinding-dinding kayu, kaca dan lain-lain.

Untuk system kontruksi semacam ini dimungkinkan didapatnya bangunan bertingkat banyak untuk memenuhi kebutuhan, bila dibandingkan dibandingkan dengan system kontruksi yg lain. Hanya ada kekurangannya, yaitu jarak antara kolom mempunyai batas maksimum yg relatif kecil. Jarak antar kolom yg jauh akan mempengaruhi dimensi dari balok mendatar yg akan membesar dan akan menjadi tidak ekonomis.

Tampak bangunan dengan struktur skeleton mempunyai dua macam aliran. Aliran pertama ialah dengan memperlihatkan kerangka struktur dari luar, sedangkan yg kedua dgn menutupinya dgn dinding tirai atau hiasan penghalang sinar matahari. Arsitektur setelah tahun 1950 condong memperlihatkan rangka struktur bangunan dgn alas an kejujuran, kemudahan diterima dan kesederhanaan (*exposed skeleton structure*).



a. Rangka dengan Grid-sempit

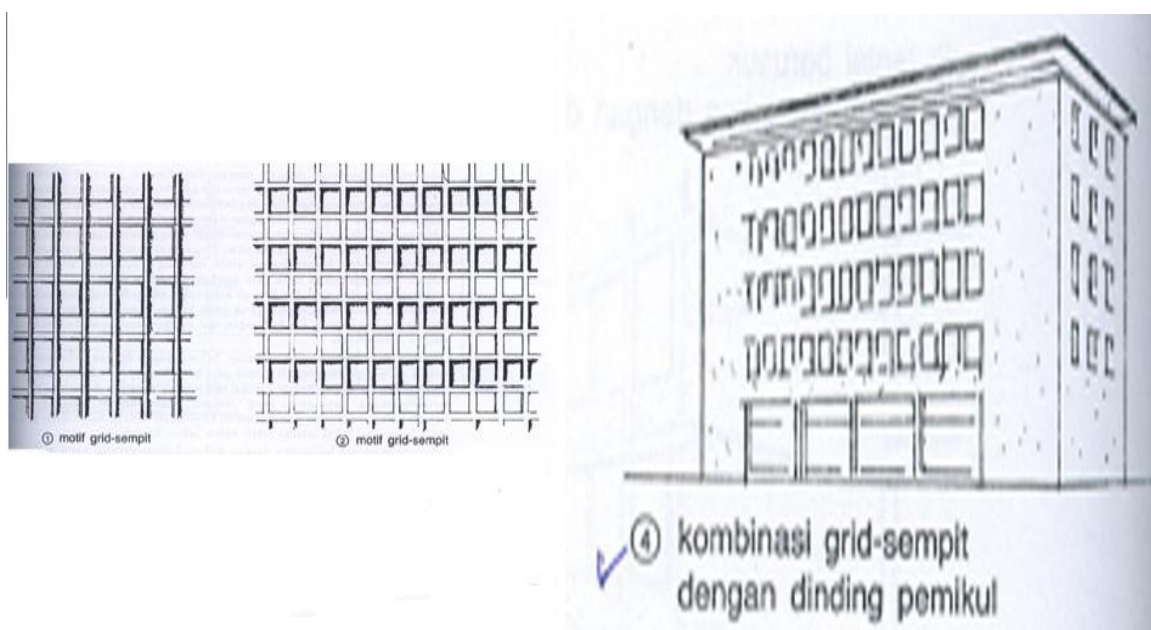
“Grid” berarti kisi-kisi yg bersilangan tegak lurus satu sama lain dan dalam arsitektur merupakan cara untuk mencapai keteraturan saja dan tidak lebih. Kita mengenal dua tipe skeleton, yaitu Grid-sempit dan Grid-lebar yg pada dasarnya disebabkan karena kebutuhan jarak yg tidak sama, yg pertama kebutuhan terhadap lebarnya jarak tiang (arah memanjang bangunan) yg lain terhadap rapatnya tiang.

Grid yg sempit berasal sedikit dari hukum statika dan lebih banyak dari fungsi perencanaan. Dinding luar yg dipecah menjadi beberapa jendela, balok dan kolom, berate bahwa pembatas ruang (*partitions*) yg melintang hanya dapat ditempatkan pada kolom. Semakin sempit jarak kolom, maka semakin banyak jumlah kemungkinan penempatan dinding penyekat atau pembatas ruang; semakin fleksibel perencanaannya dan semakin efisien penggunaan ruang.

Hal ini dirancang apabila ruang-ruang dgn dinding penyekat diperlukan. Apabila tidak, dan daerah terbuka yg luas dikehendaki, alasan tersebut diatas tidak terpakai.

Ada banyak usaha untuk mengharmoniskan jarak kolom Grid-sempit dgn dimensi perencanaan perabot kantor yg telah menghasilkan bagi kita berbagai macam modul dgn variasinya secara kasar, yaitu antara 90 cm – 350 cm. semua modul ini mempunyai keuntungan dan kerugiannya.

Dalam hubungan rangka baja, ukuran kolom sebenarnya pada permulaan lebih kecil, tetapi ketika ditambah dgn ketahanan api dan isolasi, maka ukuran keseluruhannya hanya sedikit bedanya dgn kolom beton bertulang. pada kebanyakan bangunan dgn rangka Grid-sempit biasanya kolom-kolomnya dibuat lebih berat dari beban yg harus dipikul. Meskipun sebuah dimensi minimum dgn beton cor setempat (*cast in place*) berukuran 15 cm, tetapi sering kali dibuat menjadi 25 atau 30 cm. ini sebagian dari warisan desain batu bata zaman dahulu, sebagian lagi karena selera monumentalitas yg masih digambarkan oleh banyak arsitek, tetapi hanya sedikit berurusan dgn keaslian kontruksi rangka modern. Pada Grid-sempit kolom-kolom amat ramping. Hubungan antara ciri-ciri dan bentuk yg bermakna tidak bisa ditekankan terlalu berat.

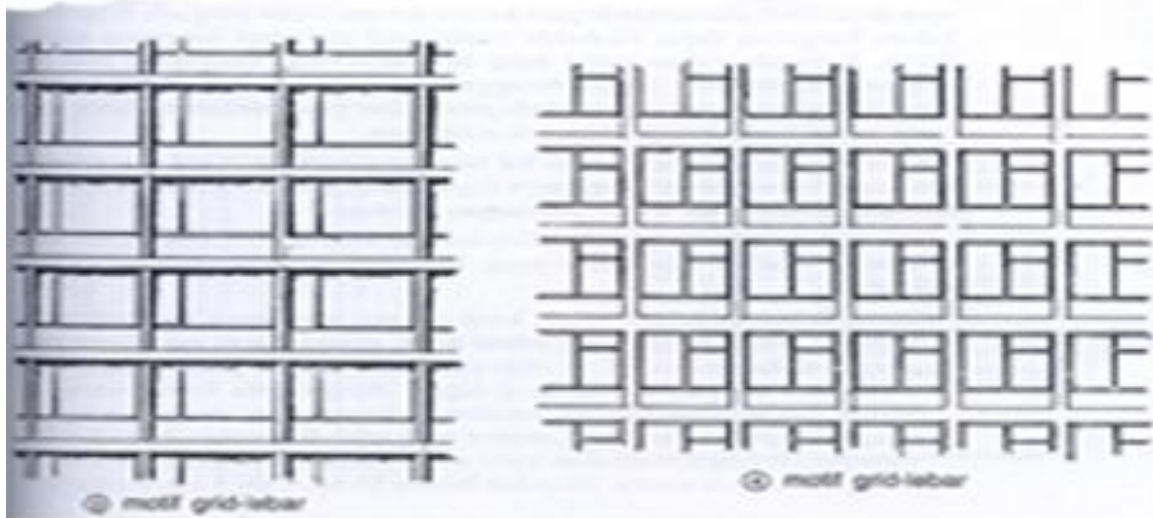


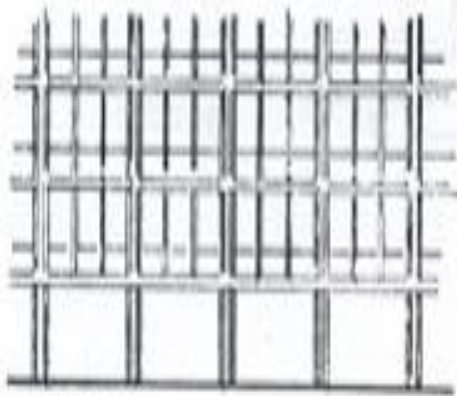
b. Rangka dengan Grid-lebar

Menurut Curt Siegel rangka dgn Grid-lebar adalah bila diantara dua kolom bangunan skeleton dapat diletakkan lebih dari satu jendela standar. Jendela dapat berupa satu jendela panjang atau dibagi menjadi beberapa petak yg tidak memikul beban. Jarak antara tiang jendela relatif kecil, seimbang dgn modul aksial yg diperoleh dari standar perabot kantor atau rumah.

Karena balok bentang pada lantai kedua (balok sabuk lantai) tidak memikul kolom-kolom antara, maka tidak diperlukan balok yg besar atau tinggi. Balok bentang tersebut memikul berat lantai, sama halnya dengan balok-balok ditingkat-tingkat yg diatas, maka dimensi balok utama dapat disamakan. Lagi pula semua gaya yg terjadi karena gaya berat disalurkan melalui kolom-kolom structural langsung ke pondasi dalam tanah, tanpa melalui batang atau balok lain.

Jadi dalam hal ini kita mendapat bangunan-bangunan yg kolom-kolomnya merupakan garis tak terputus dari atap sampai pondasi. Untuk bangunan ini jarak kolom relatif besar. Besarnya kolom ditentukan oleh tinggi bangunan dan jarak kolom dgn kolom lainnya. Besar balok datar juga ditentukan oleh jarak antar kolom dan berat yg ditimbulkan oleh beban hidup dan berat sendiri. Kekakuan bangunan ditentukan oleh hubungan (*joint*) antara kolom dan balok bersama-sama pada seluruh bangunan.





- ✓ ① grid-lebar
balok sabuk lantai
seragam dengan
balok-balok lantai atas



- ✓ ② kombinasi grid-lebar
dengan dinding pemikul



- ✓ ③ grid-lebar

Struktur ruang

1. Kontruksi Bangunan Petak dalam Ruang

Apabila 4 titik tidak terletak pada satu bidang datar, maka garis-garis yg menghubungkan titik-titik itu ada dalam ruang.

2. Struktur Rangka Ruang

Kuda-kuda dan gelagar dgn sistem bangunan petak adalah struktur dlm bidang datar yg berdimensi 2. dgn gabungan batang-batang lain seperti gording yg letak tegak lurus pada bidang kuda-kuda, sebetulnya merupakan struktur rangka ruang. Tetapi cara perhitungan dan cara penyambungan dianggap sebagai struktur dalam bidang datar. Setiap bagian dianggap terpisah dari yg lainnya.

Dalam arsitektur modern struktur dalam ruang yg berdimensi tiga lebih diutamakan karena lebih efisien dan ekonomis. Setiap barang atau gelagar berpengaruh terhadap yg lainnya dan ini merupakan kekakuan-kekakuan pada seluruh struktur. Hubungan kontruksi yg sempurna pada pertemuan batang-batang dan analisa gaya-gaya yg ada dalam kontruksi rangka ruang hingga kini menemui kesukaran.

Hingga saat ini insinyur static menganggap bahwa suatu gelagar atau kuda-kuda bukan suatu persoalan static ulang. Timbulnya gaya-gaya pada bidang yg tegak lurus adalah dasar dari semua perhitungan static. Struktur tulang manusia pada tulang paha bisa dianggap sebagai dasar pemikiran struktur ruang. Berat badan diterima bagian penghubung yg bulat pada akhir tulang tsb. Gaya yg datang dari arah yg besarnya bermacam-macam itu eksentris terhadap as tulang yg akan mengambil berat badan, sehingga timbul momen sebesar: $P \times A$. Ini bukan suatu keadaan yg statis. Melainkan penyesuaian dgn gerak-gerak yg dilakukan manusia. Kemajemukan system ini menimbulkan persyaratan yg tinggi dari struktur yg dijemlakan dgn satu system yg tergaris dan tumbuh secara evolutif mengikuti kebutuhan. Setiap bagian menyokong yg lainnya, memperpendek panjang knik, memperkakunya dan dgn demikian sebagai suatu system saling mempertinggi daya dukungnya. Alam tidak memerlukan analisa yg tinggi untuk menentukan gaya-gaya yg timbul dari masing-masing bagian dari tulang itu. Kesemuanya tumbuh secara organis dan didimensioner juga secara organis.

Bahwa elemen-elemen tulang tsb tidak selamanya berbentuk batang, tetapi bidang dan lengkung-lengkung kesemuanya tidaklah mengubah prinsip jalan pikiran diatas. Justru ini membuktikan akan sempurnanya alam yg tidak terikat pada satu cara penyelesaian saja, tetapi mengambil kemungkinan-kemungkinan lain hingga mendapatkan hasil yg optimal untuk maksudnya.

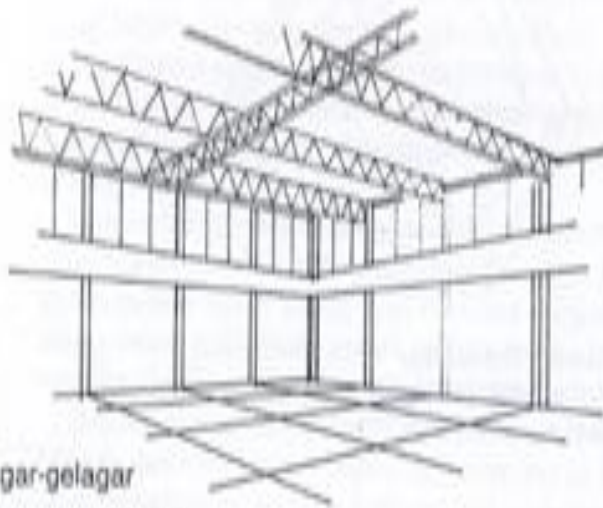
Untuk menyamai keadaan ini ilmu tekhnik dan statika masih belum mencapainya. Rangka ruang yg terdapat banyak dialam dibandingkan rangka bidang yg dibuat oleh manusia sangat berbeda. Perbedaan sangat mengesankan.

✓ ①

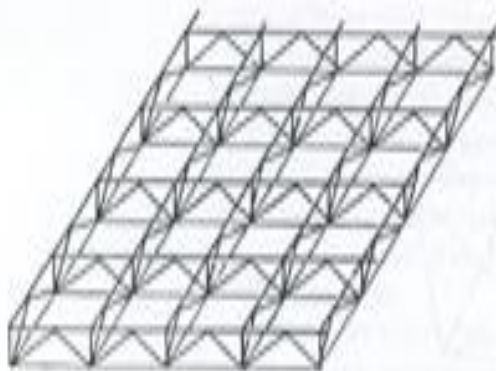


Teater di Mannheim, German
oleh Mies v.d. Rohe

✓ ②



Detail gelagar-gelagar
bidang,
Bangunan petak dua-arah
dalam ruang



✓ ③ Bangunan petak dalam ruang
dua arah dan tegak lurus



✓ ④ Rangka ruang berbentuk bangunan
petak segi tiga

Struktur Penampang

1. Struktur Atap Kabel dan Penunjang

Pengecualian efisiensi dari kabel baja memberi pendekatan pendapat untuk digunakan dlm konstruksi atap gantung yg luas. Perkembangannya membawa pemecahan baru sebab kabel sebagai elemen penting untuk gaya tarik menjadi system struktur yg kompleks. Pemecahan ini terutama bertujuan untuk membuat seluruh struktur menjadi stabil.

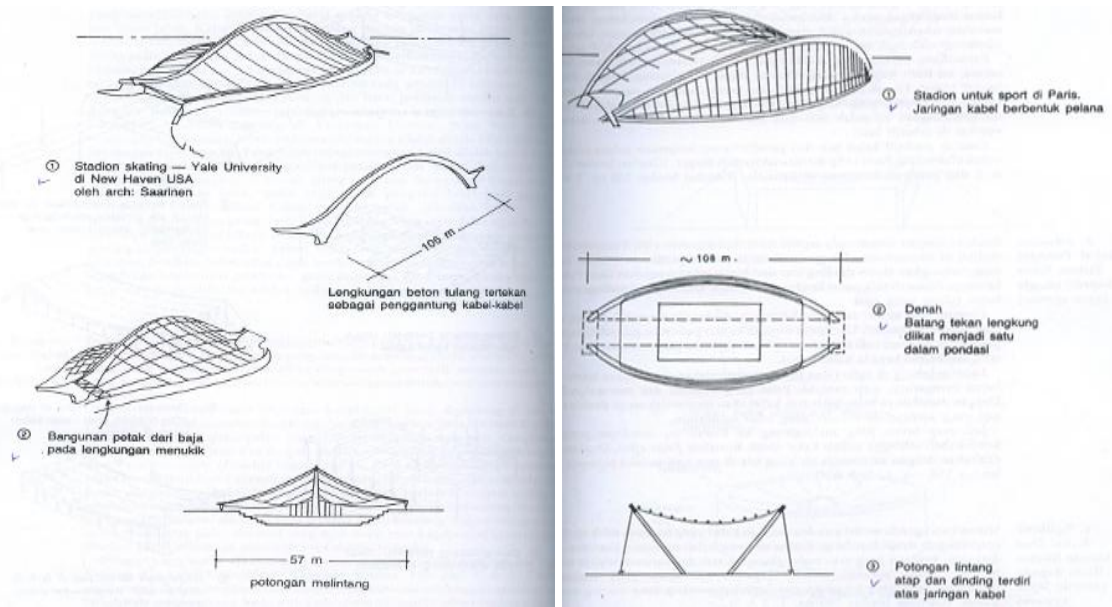
Atap tarik sederhana terdiri atas kabel-kabel yg digantung diatas kolom penunjang. Kabel menahan lengkung dan diberi angkur pada landasan diatas tanah balok-balok atau pelat-pelat lurus ditempatkan diatas atap-atap menghubungkan kabel-kabel yg sejajar dan dgn demikian terbentuklah atap dgn lengkungan barrel yg terbalik. Kesederhanaan dan murah nya biaya system jembatan gantung untuk atap menarik perhatian. Akan tetapi plat-plat lurus penghubung kabel beserta kabel-kabelnya berbobot ringan, sehingga atap mudah mengepak- ngepak seperti sayap (*to flutter*), terbalik melencong (*to oscilate*) dan menggetar (*vibration effect*), apabila terkena angin kencang. Untuk mengatasi hal itu, maka bahan atap harus diambil yg agak berat atau kabel-kabel harus dibuat stabil dgn kabel skunder atau kabelnya diberi pengaku.

Prinsip yg sama dipakai oleh Saarinen dalam pembuatan penutup lapangan *Skating* di Yale university. Kabel-kabel digantungkan dari lengkungan pemikul yg kaku melengkung keatas ditengah dan kabel-kabel melengkung ke bawah pada ujung-ujungnya diberi angkur pada dinding yg melengkung pula. Utk bahan atap dipakai kayu (sirap) yg relatif ringan dan ini tidak membuat kabel-kabel menjadi stabil.

Pemecahan pengatapan gedung *Raleigh* di North Carolina oleh Nowicki terdiri atas dua lengkungan beton tulang sebagai pendukung utama yg melengkung dari atas menyilang ke bawah dan berpotongan. Kabel-kabel yg diletakkan tegak lurus yg satu dgn yg lainnya di hubungkan dgn kabel utama merupakan jaringan atap tenda yg dapat bergeser. Bahan atap terdiri dari plat-plat metal ringan bergelombang yg diangkur mati padajaringan kabel. Kedua lengkungan utama dari beton didukung oleh kolom-kolom vertikal yg menahan tekan melalui kabel utama yg menyusuri lengkungan beton. Dan ini diimbangi oleh tarik dari kabel-kabel yg melengkung kebawah diatas ruangan.

Permukaan bidang yg ditentukan oleh lenturan-lenturan kabel merupakan pelana, ini lebih stabil terhadap tekanan angin dari samping daripada atap dgn bentuk barrel. Untuk penjagaan terhadap gerak mengepak-ngepaknya bidang atap karena bahan atap yg ringan, maka dipasanglah kabel-kabel pembantu yg menghubungkan sejumlah titik-titik kancing anyaman dalam ke kolom-kolom vertikal di sebelah luar.

Contoh struktur kabel lain dan jaringan yg berbentuk pelana adalah stadion utk olahraga di Paris yg direncanakan oleh Sarger, dan Pavilyun informasi di Brussels.



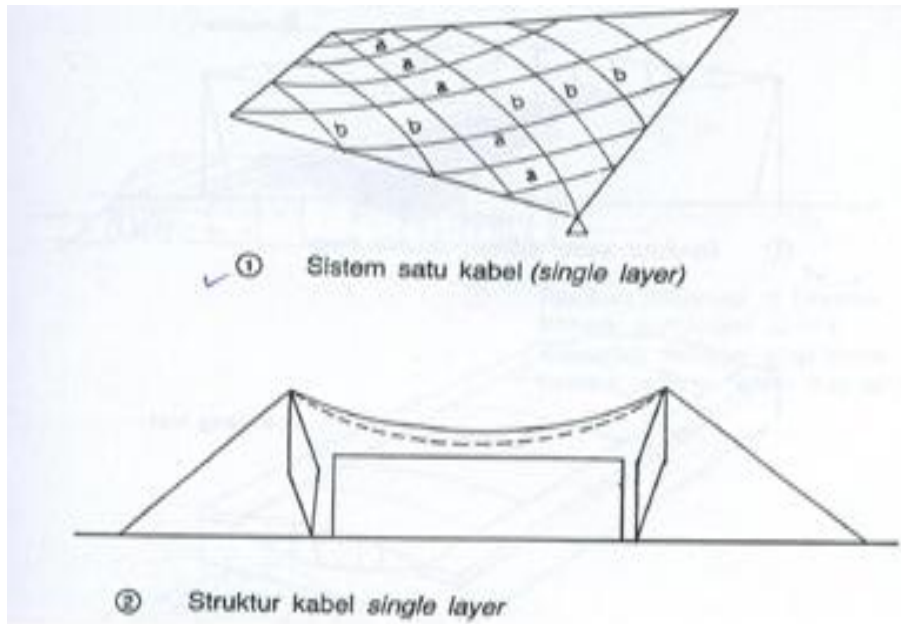
2. Struktur Kabel Tunggal Sistem Roda Sepeda (single layer system)

Struktur dengan sistem roda sepeda telah direncanakan oleh Viera untuk menutup stadion di Montevideo, Uruguay. Pada atap ini dipakai satu susunan kabel yg menghubungkan cincin dinding luar dari beton sebagai penahan tiang yg silindris ke cincin dalam di titik pusat lingkaran dari baja. Dinding tepi melingkar dibuat dari beton tulang yg tipis.

Penutup atap terdiri dari plat beton prafabrikasi berbentuk baja yg di dukung oleh kabel-kabel radial. Ujungnya ditekuk keatas pada tulangan plat. Supaya stabil, plat-plat dibebani bata atau kantong-kantong berisi pasir sementara utk memberi tarik tambahan kepada kabel-kabel.

Lubang-lubang diantara dua plat sebagai cetakan diisi adukan beton. Bilamana beton mengering, atap menjadi atap yg monolit dan merupakan bundaran. Dgn diambilnya balas-balas tadi kabel akan memendek tetapi ditahan oleh beton tepi yg merupakan silinder yg telah membantu.

Jadi atap beton yg melengkung kebawah itu mendapat prategang kabel-kabel, sehingga cukup kaku utk menahan *flutter effect*. Drainase air hujan dilakukan dgn memompa air yg ada diatas atap melalui pipa-pipa.

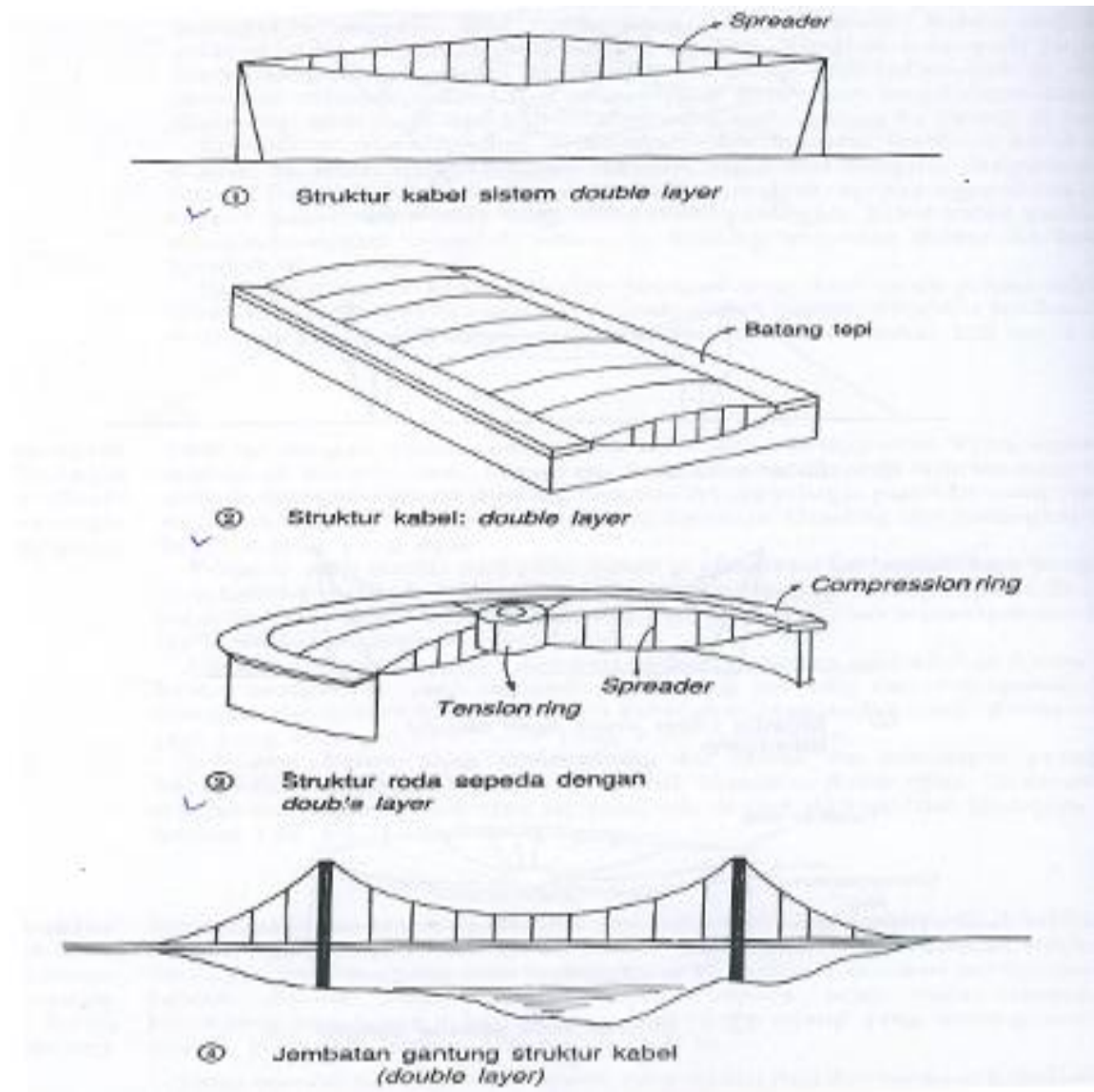


3. Struktur Kabel Dua Ganda Sistem Roda Sepeda (*double layer system*)

Sistem kabel ganda terdiri atas dua susunan kabel yg letaknya tidak sebidang, tidak berpotongan tetapi bersilang. Kedua susunan kabel ini merupakan struktur utama dari atap, susunan yg satu melengkung keatas dan susunan lainnya melendur kebawah. Kedua susunan kabel dijaga supaya tetap pada tempatnya oleh penunjang-penunjang tekan dgn berbagai panjang yg masing-masing dapat disetel.

Suatu contoh struktur roda sepeda yg terdiri dari dua susunan kabel sebagai atap adalah gedung auditorium di Utica, New York yg direncanakan oleh Zetlin. Cincin tepi luar menerima tekan dan cincin kecil dalam adalah cincin tarik. Kedua susunan kabel tertarik diantara dua cincin dan dapat diatur dgn memutar alat gesper pada tiap-tiap penunjang.

Bahan atap terdiri dari seri plat metal prafabrikasi. Atap bebas dari bahaya *flutter effect* karena gaya tarik dalam kabel yg cukup besar membuatnya susunan keseluruhan lebih kaku daripada kabel-kabel yg digantungkan.



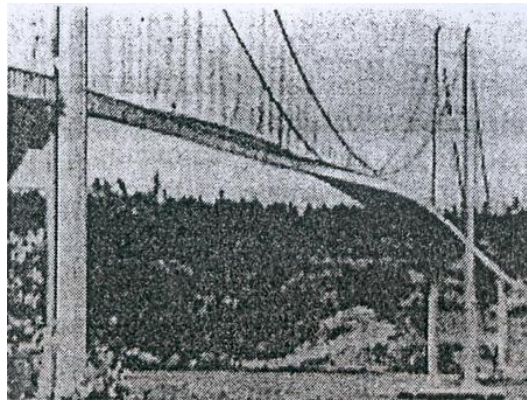
4. Analisis dan Desain Struktur Kabel

Jembatan gantung yg semula dikembangkan di Cina, India, dan Amerika selatan adalah *funicular* tarik. Ada struktur jembatan kuno yg menggunakan tali, ada juga yg menggunakan bambu. Di Cina ada jembatan yg menggunakan rantai, yg dibangun pada sekitar abad pertama SM. Struktur kabel juga banyak digunakan pada gedung, misalnya struktur kabel yg menggunakan tali. Struktur ini dipakai sebagai atap pada teater Romawi yg dibangun skitar tahun 70 SM. Sekalipun kabel telah lama digunakan, pengertian teoritisnya masih belum lama dikembangkan. Di Eropa, jembatan gantung masih belum lama digunakan meskipun struktur rantai tergantung pernah dibangun di Alpen Swis pada tahun 1218.

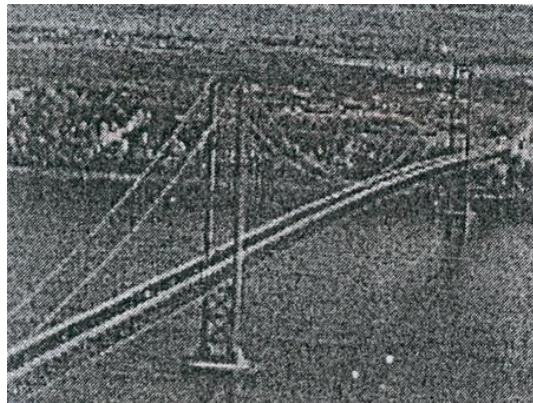
Titik balik penting dalam evolusi jembatan gantung terjadi pada awal abad ke 19 di Amerika, yaitu pada saat James Findley membangun jembatannya untuk pertama kali pada tahun 1810 di Jacobs Creek, Uniontown, Pennsylvania dgn menggunakan rantai besi

fleksibel. Inovasi Findley bukanlah kabelnya melainkan penggunaan *dek jembatan yg diperkaku* yg pengakunya diperoleh dgn menggunakan rangka batang kayu. Penggunaan dek kaku ini dapat mencegah kabel penumpunya berubah bentuk sehingga bentuk permukaan jalan juga tidak berubah. Dgn inovasi ini dimulailah penggunaan jembatan gantung modern. Inovasi Findley dilanjutkan oleh Thomas Telfound di Inggris dgn mendesain jembatan yg melintasi selat Menal di Wales (1818-1826). Louis Navier, ahli matematika Prancis yg amat terkenal, membahas karya Findley dgn menulis buku mengenai jembatan gantung, *Rapport et Memoire sur les Ponts Suspends*, yg diterbitkan pada tahun 1823. Navier dlm bukunya sangat menghargai kerja Findley dalam hal pengenalan dek jembatan kaku.

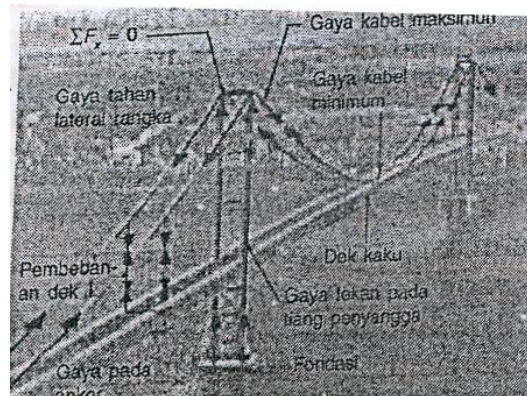
- (a) Osilasi puntir pada jembatan Tacoma sesaat sebelum pada tahun 1940. dek mula-mula berayun dalam arah vertikal sebagai akibat dari beban angin sebesar 23 sampai 40 mph. setelah itu, terjadi osilasi punter yg amplitudonya semakin besar sampai potongan sepanjang 600 ft, runtuh kedalam Narrows. Bentuk dan fleksibilitas dek mempunyai kontribusi pada runtuhnya jembatan tsb. Tinggi Girder plat hanya 8 ft atau 1/350 dan bentangnya.



- (b) Jembatan Tacoma baru yg selesai dibangun pada tahun 1950. dek yg sempit dan Girder plat diganti dgn rangka batang yg lebih kaku.



- (c) Elemen struktur utama. Diagram gaya-gaya utama pada kabel sebagai akibat dari beban mati dan hidup vertikal pada dek jembatan. Pada kondisi beban vertikal normal, beban dek diteruskan ke kabel gantung. Tangkai vertikal tidak saja memikul kabel tetapi juga memberikan tahanan terhadap gaya lateral.



5. Struktur Kabel Gantung: Beban-beban Terpusat

Reaksi-reaksi akan timbul pada tumpuan kabel agar keseluruhan kabel berada dalam keseimbangan. Kabel itu sendiri biasanya memberikan gaya pada tumpuan yg bearah ke dalam dan ke bawah. Gaya reaksi yg terjadi sama besar dan berlawanan arah dgn gaya tersebut. Biasanya tidak mungkin utk menghitung reaksi ini secara langsung hanya dgn meninjau keseimbangan seluruh kabel. Gaya reaksi biasanya dinyatakan dalam komponen, maka total anu ada 4, sementara hanya ada 2 persamaan keseimbangan independent utk mencarinya. Sebagaimana ditunjukkan berikut ini, perlu ditinjau keseimbangan bagian dari struktur utk mencari gaya-gaya reaksi tsb.

Gaya dalam pada elemen kabel selalu berupa tarik murni. Suatu kabel dapat dipandang sebagai sederetan elemen diskrit yg dihubungkan satu sama lain dgn hubungan sendi-rantai. Dgn demikian, elemen diskret bebas berotasi sebagaimana yg terjadi apabila di bebani. Hubungan seperti ini menyebabkan momen internal tidak dapat diteruskan dari satu elemen ke elemen lain. Pada akhirnya, jumlah semua efek rotasional terhadap sembarang lokasi titik hubung akibat gaya eksternal dan internal harus sama dgn nol (ini adalah prinsip yg mendasari pendekatan yang dijelaskan berikut ini untuk menghitung geometri kabel dan gaya reaksi). Apabila geometri akurat dari kabel telah diketahui atau diestimasi, maka besar gaya internal dapat dihitung dengan menggunakan cara yang serupa dengan cara keseimbangan titik hubung pada rangka batang (setiap titik pada kabel harus berada dalam keadaan keseimbangan vertical dan horizontal akibat gaya-gaya internal dan eksternal yang bekerja pada titik tersebut).