

# Struktur Ruang

## 1. Konstruksi Bangunan Petak dalam Ruang

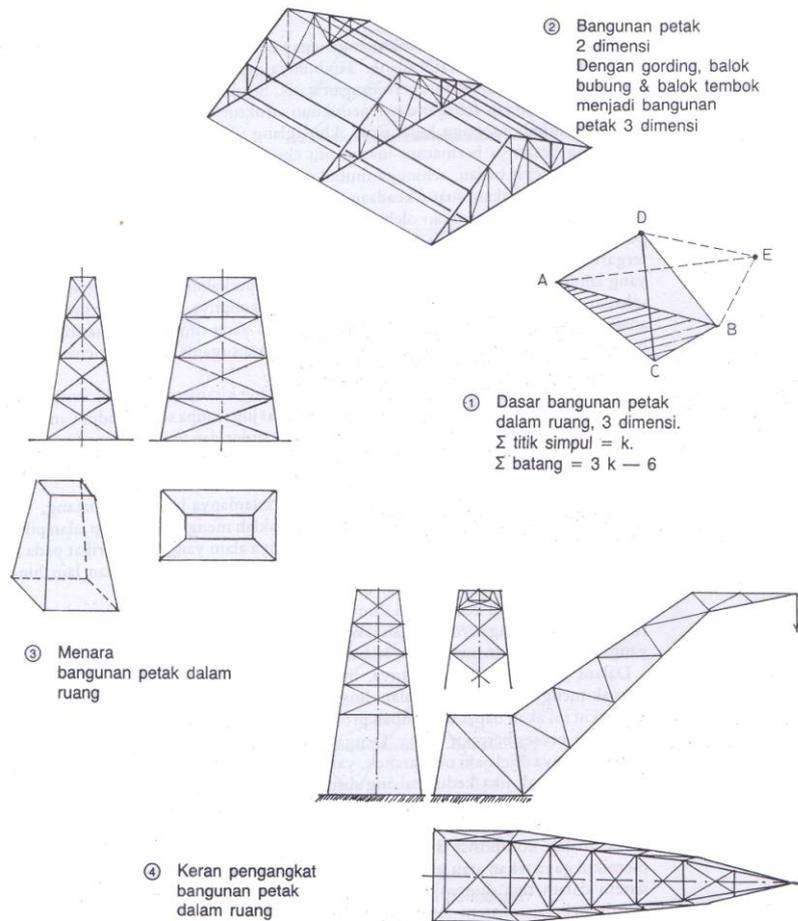
Struktur rangka ruang pada umumnya terbuat dari elemen struktur linear kaku yang tersusun sebagai unit-unit geometris untuk membentuk struktur tipis yang membentang secara horizontal. Struktur ini khususnya cocok untuk beban distribusi merata, tetapi tidak untuk memikul beban terpusat.

Banyak sekali unit geometris yang dapat digunakan untuk membentuk unit berulang mulai tetrahedron sederhana, sampai bentuk-bentuk polihedral lain yang diturunkan dari platonik dan archimedean.

Masalah desain dasar seringkali bukan masalah struktural, melainkan lebih kepada hubungan antara geometri dan konstruksi.

Apabila empat titik tidak terletak pada satu bidang datar, maka garis-garis yang menghubungkan titik-titik itu ada dalam ruang. Sebagai contoh kita tinjau gambar 1.1 di bawah ini.

Gambar 1



Ketiga titik A, B dan C terletak dalam suatu bidang datar. Titik D yang ada di luar bidang itu dihubungkan dengan tiga batang masing-masing AD, BD dan CD, maka terbentuklah suatu bidang empat yang kokoh dengan enam batang.

Bila diambil lagi titik kelima E dan titik ini dihubungkan dengan batang-batang EB, EA dan ED, maka dengan ditambahkannya satu titik penambahan batang ada tiga.

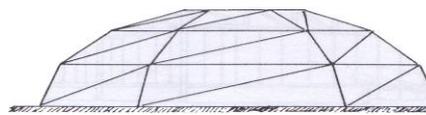
Dengan berpangkal dari 6 batang untuk 4 titik simpul dan tiap penambahan titik simpul membubuhkan 3 batang baru, maka untuk sejumlah titik simpul k diperlukan  $6 + 3 \cdot (k - 4)$  batang. Dapat disingkat E batang =  $(3k - 6)$ .

Bilamana sejumlah titik simpul k dihubungkan dengan  $(3k - 6)$  batang secara cermat, maka struktur menjadi stabil dan kokoh tidak timbul penyimpangan pada panjangnya batang-batang. Bangunan petak dengan jumlah  $(3k - 6)$  batang adalah statis tertentu. Penambahan jumlah sejumlah batang mengakibatkan konstruksi menjadi statis tidak tertentu.

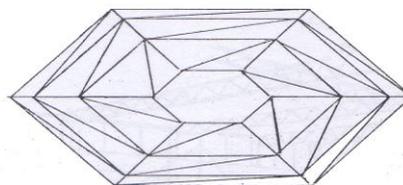
Rangka dari bangunan petak pada bidang-bidang datar adalah uraian atau pecahan dari rangka petak ruang, yang maksudnya untuk mempermudah perhitungan. Tetapi walaupun letak bidangbidang tegak lurus yang satu dengan yang lainnya, dalam salah satu bidang ada gaya

bekerja yang asalnya datang dari bidang lain.

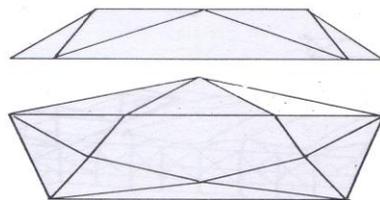
Contoh-contoh struktur bangunan petak dalam ruang tampak pada gambar 1.2, 1.3, 1.4. Gambar 2.1 dan 2.2 adalah struktur rangka permukaan bidang (bukan struktur bangunan petak dalam ruang dan bukan struktur rangka ruang).



Gambar 2



① Kubah Schwedler  
Konstruksi rangka permukaan  
bidang 3 dimensi



② Kubah Föppl,  
Konstruksi rangka permukaan  
bidang 3-dimensi

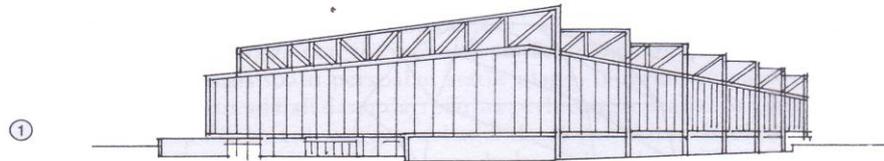
## 2. Struktur Rangka Ruang

Seperti telah diuraikan di atas, kuda-kuda dan gelagar dengan sistem bangunan petak adalah struktur dalam bidang datar yang berdimensi dua. Dengan gabungan batang-batang lain seperti gording yang letak tegak lurus pada bidang kuda-kuda, sebetulnya merupakan struktur rangka ruang. Setiap bagian dianggap terpisah dari

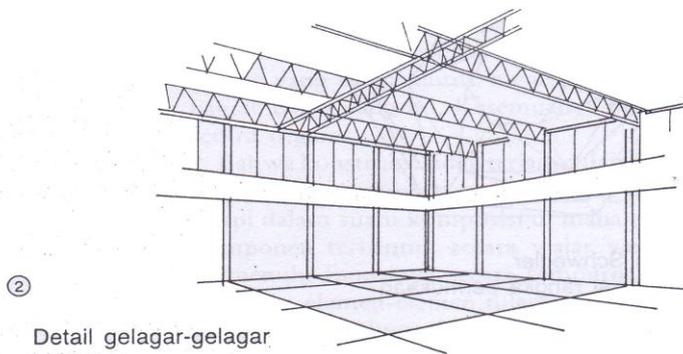
yang lainnya.

Rencana **Mies van der Rohe** untuk teater di **Mannheim** adalah struktur berdimensi dua dengan keistimewaan dimanfaatkannya semua batang elemen dari struktur. (Gambar 3.1 dan 3.2)

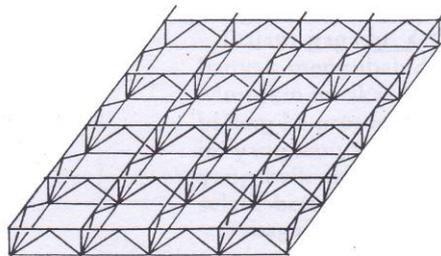
Gambar 3



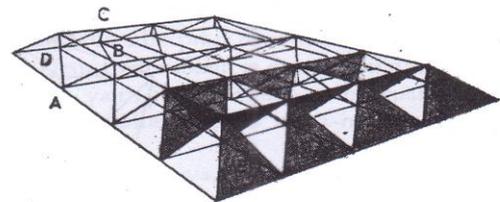
Teater di Mannheim, German  
oleh Mies v.d. Rohe



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

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

Hingga saat ini insinyur menganggap bahwa suatu kuda-kuda bukan suatu persoalan statik ulang. Timbulnya gaya-gaya pada bidang yang tegak lurus adalah dasar dari semua perhitungan statik. Struktur tulang manusia pada tulang paha bisa di anggap sbagai dasar pemikiran struktur ruang. Berat badan diterinia bagian penghubung yang bulat pada

akhir tulang tersebut. Gaya yang datang dari arah yang besarnya bermacam-macam itu eksentris terhadap as tulang yang akan mengambil berat badan, sehingga timbul momen sebesar:  $P \times A$ . (Gambar lembar 4.1). Setiap bagian menyokong yang lainnya, memperpendek panjang knik, memperkakunya dan dengan demikian sebagai suatu sistem saling mempertinggi daya dukungnya..

Bahwa elemen-elemen tulang tidak selamanya berbentuk batang, tetapi bidang dan lengkung-lengkung kesemuanya tidaklah mengubah prinsip jalan pikiran di atas. Ini membuktikan akan sempurnanya alam yang tidak terikat pada satu cara penyelesaian saja, tetapi mengambil kemungkinan-kemungkinan lain hingga mendapatkan hasil yang optimal untuk maksudnya. Rangka ruang yang terdapat banyak di alam dibandingkan dengan rangka bidang yang dibuat oleh manusia sangat berbeda.

Sebagai kesimpulan dapat dinyatakan bahwa, struktur rangka ruang bangunan petak adalah komposisi dari batang-batang yang masing-masing berdiri sendiri, memikul gaya tekan atau gaya tarik yang sentris dan dikaitkan satu sama lain dengan sistem dalam tiga dimensi.

Ada beberapa sistem rangka ruang :

**a. Sistem Mannesmann (Gambar 4.2)**

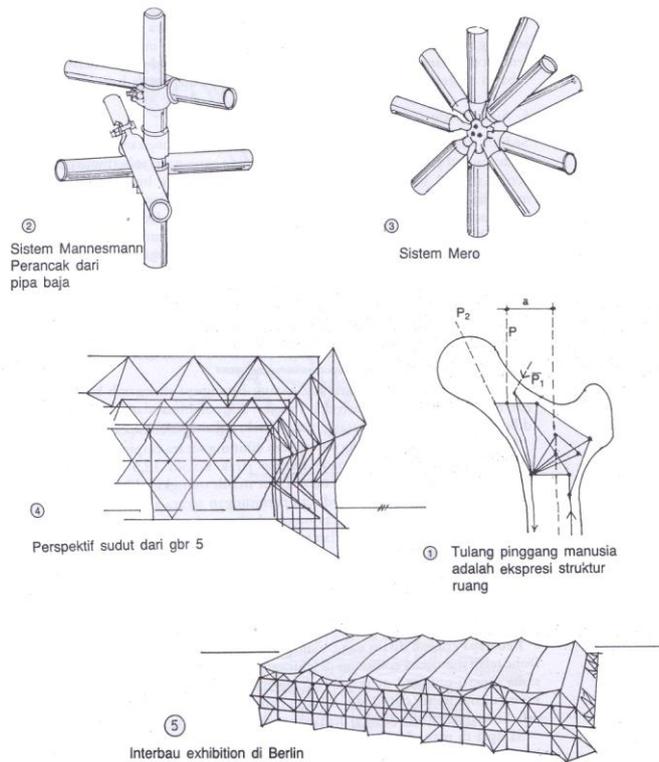
Dengan menggunakan pipa-pipa bulat dan sama besar, panjangnya disesuaikan dengan kebutuhan dan penghubungan dengan pipa-pipa yang lain pada arah yang dibutuhkan. Sangat variabelnya dalam pemakaian, sesuai dengan maksud yang dibutuhkan. Kekurangan dari sistem ini antara lain terbatasnya gaya dukung dari pipa-pipa di bagian sambungan. Kelemahan statiknya ialah bahwa hubungannya eksentrik sehingga menimbulkan momen tambahan. Konstruksi ini masih belum mendapat tempat di antara arsitek-arsitek karena kurang rapinya hubungan. Selama ini dipakai sebagai steger saja karena *montagebility* dan *flexibility* yang baik.

**b. Sistem Mero (Gambar 4.3)**

Sedikit variasi dalam panjangnya batang yang dihubungkan dengan sekrup pada suatu simpul yang khusus dan dihubungkannya garis-garis as berternu pada satu titik. Setiap simpul hanya memungkinkan kedelapan belas buah batang yang saling menumpu tegak lurus dan batang-batang yang di antaranya yang bersudut  $45^\circ$ . Struktur yang terjadi berbentuk geometris yang disiplin. Kombinasi-kombinasi yang menarik kadang-kadang dapat disaksikan pada bangunan pameran.

Secara statika kemungkinan-kemungkinan terbatas, juga pada satu simpul batang yang dapat disambungkan. Batas kemampuan mendukung ditentukan oleh gaya dukung maksimum dari momen-momen batang.

Gambar 4



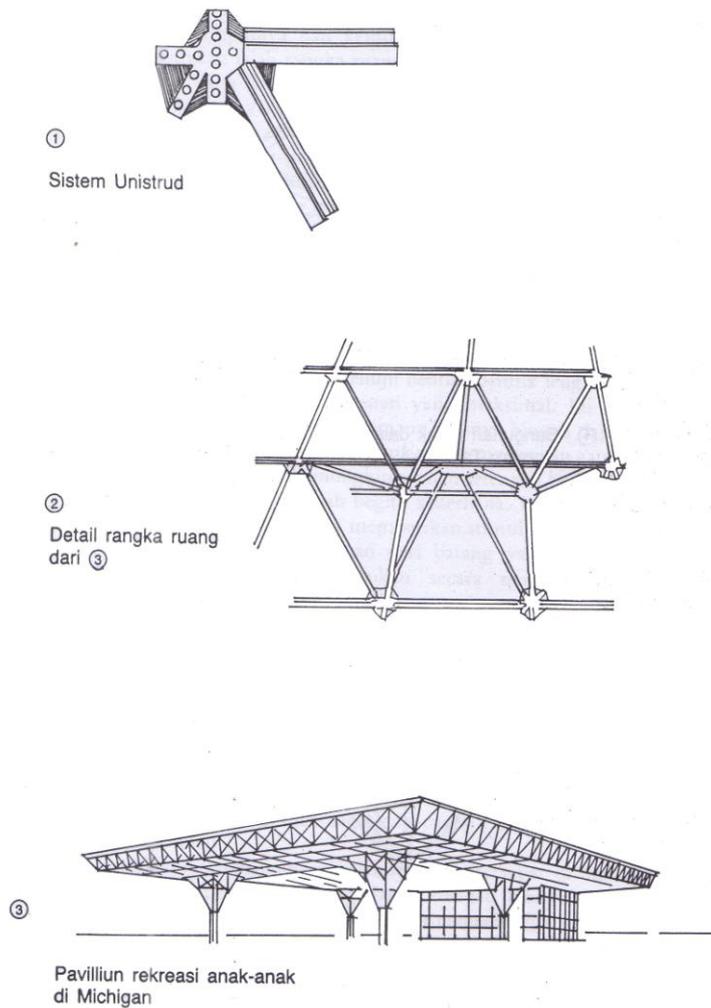
**c. Sistem Unistrud (Gambar 5.1, 5.2, 5.3)**

Berbentuk sebagai gelagar yang batang-batangnya rnengarah ke banyak jurusan dan mempunyai tinggi konstruksi 1 meter. Simpul dibuat dari lempengan pelat yang dibentuk menurut arah batang yang disekrupkan padanya.

Kemungkinan mendukung dari sistem dihitung secara empiris. Dapat dicapai daya muat kira-kira  $300 \text{ kg/m}^2$  pada ukuran jarak kolom  $12,5 \text{ m} \times 12,5 \text{ m}$ . Suatu pembesaran ruang menjadi  $15 \text{ m} \times 15 \text{ m}$  masih mungkin dilakukan. Cara empiris menunjukkan sukarnya mengadakan perhitungan secara analitis, dan bentuk kolom yang membesar pada ujung atas membuktikan sukarnya mengumpulkan gaya itu pada ujung-ujungnya. Pengecilan pada bagian bawah kolom meminta syarat-syarat yang, tinggi dari batang.

Beberapa contoh disain yang memakai sistem-sistem tadi telah dibuat. **Mies v.d. Rohe** telah membuat colliseum di Chicago tahun 1953 dengan memakai prinsip yang sama seperti unistrud. Tinggi konstruksi 9 meter dan tinggi seluruh bangunan 36,5 meter sedangkan luasnya  $220 \text{ m}^2$ . Sistem unistrud dipakai hanya untuk ukuran-ukuran yang sangat besar.

Gambar 5



#### **d. Sistem Takenaka (Gambar 6.1 dan 6.2)**

Baja pelat dengan potongan bujur sangkar dan persegi panjang dihubungkan dengan baut-baut mutu tinggi. Batang-batang pada bidang atas menerima gaya tekan, diagonal-diagonal memikul tekan dan batang-batang pada bidang bawah menerima gaya tarik.

Dalam struktur ruang teknik *finishing* yang makin kompleks mengharuskan adanya bidang atas dan plafon, karena ruang konstruksi sangat tidak menguntungkan sebagai penampung debu. Tetapi sebagai struktur yang tertutup akan kurang mengesankan.

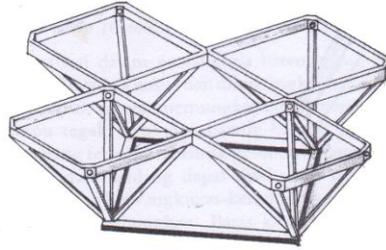
Keuntungan rangka ruang terletak sebagaimana pada tulang manusia, kemampuannya menyesuaikan pada bermacam-macam gaya yang timbul dari berbagai arah. Satu keharusan untuk memikul gaya yang lebih besar dengan mudah dapat ditampung dengan banyak sistem yang mempunyai cara dengan daya dukung. Maka rangka ruang tidak cocok untuk membangun tingkat tinggi karena ukuran lantai dan besarnya gaya sudah ditentukan secara teratur.

Di samping keuntungan-keuntungan, struktur rangka ruang mempunyai kerugian-kerugian yang merupakan dasar dari persoalan-persoalannya.

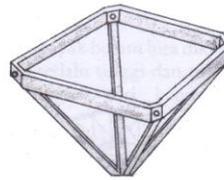
Geometri dari kubah atau lengkung dua arah, harus ditentukan dengan mesin hitting tanpa usaha yang berlebihan yang dapat dikuasai, sehingga mudah dilaksanakan pembuatan dan montase yang membutuhkan ketepatan tinggi. Persyaratan statistik dari semua batang dari rangka ruang, harus dapat ditentukan secara

perhitungan.

Gambar 6



① Bangunan petak dalam ruang,  
ciptaan: Takenaka



② Elemen rangka ruang  
Tetrahedral

## Struktur Bangunan

# RANGKA RUANG

Disusun untuk memenuhi salah satu tugas  
mata kuliah Struktur Bangunan



Oleh :

Ganjar Bahariana 044413

Stephanie MS 044219

**JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ARSITEKTUR  
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2006**