

# Struktur Bentang Lebar

Sistem Struktur Vektor Aktif  
(*Vector Active Structural System*):

## Struktur Rangka Batang (*Truss Structure*)

M. Agung Wahyudi, ST.MT.

Prodi Arsitektur Fakultas Teknik & Informatika  
Universitas PGRI Semarang

# Struktur Rangka Batang

## Pengertian

*Truss* berasal dari kata Perancis "*trousse*" yang berarti "kumpulan hal yang terikat bersama-sama." Rangka batang (*truss*) adalah struktur yang terdiri dari gabungan batang-batang yang membentuk struktur berbentuk segitiga dan terhubung satu sama lain, sehingga menjadi bentuk rangka yang tidak dapat berubah bentuk bila diberi beban eksternal tanpa adanya perubahan bentuk pada satu atau lebih batangnya.

# Struktur Rangka Batang

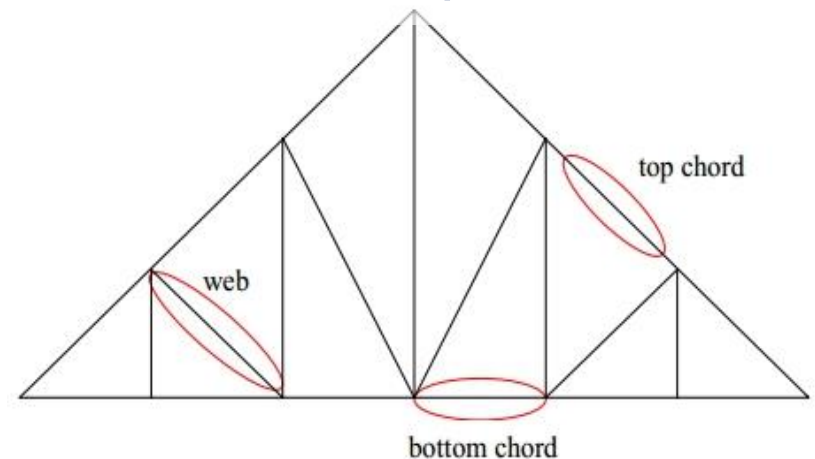
Sambungan pada titik buhul biasanya memakai alat sambung **baut, paku keling** atau **las**. Dalam analisis, sambungan atau titik buhul dianggap **sendi sempurna**, sehingga batang-batang hanya akan menerima gaya normal berupa beban aksial tekan atau tarik yang akan menimbulkan tegangan normal. Gaya aksial ini akan diterima atau direspon oleh batang yang disebut gaya batang, yang menghasilkan tegangan yang disebut dengan **tegangan primer** (*Primary stresses*).



# Struktur Rangka Batang

- Rangka batang 2 dimensi umumnya terdiri dari bagian atas (*top chord*), bagian bawah (*bottom chord*) dan bagian tengah yang biasa disebut dengan *web*.
- Struktur tersebut umumnya didesain agar stabil (tidak bergerak), aman (tidak runtuh atau membahayakan pengguna), dan nyaman (defleksi yang terjadi tidak terlalu besar).

Top Chord : bagian atas  
Bottom Chord : bagian bawah  
Web : bagian tengah



# Struktur Rangka Ruang

- Ciri struktur *truss* yaitu bidangnya berupa segitiga dan beban yang bekerja pada struktur berupa beban terpusat.
- Pada struktur *truss* perpindahan yang terjadi hanya berupa **translasi**, sedangkan rotasi tidak ada karena *truss* adalah tipe struktur yang dalam merespon gaya hanya akan diterima sebagai gaya aksial.
- Pada struktur portal (*frame*) perpindahan yang terjadi dapat berupa translasi maupun rotasi.

## 6 Konsep Utama *Truss*

1. Batang 2 saling terhubung dengan titik buhul (*joint*) dengan hubungan sendi (*pin joint*).
2. Sumbu 2 batang bertemu di satu titik *joint*.
3. Beban yang bekerja berupa beban terpusat (searah sumbu batang) baik di tumpuan maupun *joint*.
4. Beban dan reaksi tumpuan bekerja pada *joint*.
5. Gaya yang bekerja pada sumbu batang berupa aksial sentris (gaya normal saja)  $\rightarrow$  Momen = 0.
6. Hubungan sendi:
  - Memberi tahanan translasi ke semua arah  $\rightarrow$  vertikal dan horisontal ditahan.
  - Tidak mampu menahan rotasi  $\rightarrow M = 0$ .

# ***Truss yang Stabil***

Sebuah rangkaian segitiga yang membentuk rangka batang akan tetap stabil jika memenuhi persamaan:  $m \geq 2.j - 3$

Dimana :

$m$  = jumlah batang,  $j$  = jumlah joint

## **PERHITUNGAN**

Jumlah Batang ( $m$ ) = 237

Jumlah Joint ( $j$ ) = 75

$m \geq 2.j - 3$

$237 \geq 2(75) - 3$

$237 \geq 222$

Jadi, Struktur Rangka Batang **STABIL**



# Sejarah Perkembangan *Truss*

Di USA sekitar tahun 1877, *truss* digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan jembatan yang menggantikan penggunaan '*stone arches*'. Kayu dan baja dipilih untuk materialnya karena kayu dan baja dapat menahan tegangan tarik (*tension*) dan tekan (*compression*).



BURR ARCH TRUSS







# Sejarah Perkembangan *Truss*

- *Truss* adalah salah satu penemuan *engineering* yang paling sukses dalam bidang industri konstruksi. Struktur ini telah digunakan sejak ratusan tahun yang lalu dalam berbagai aplikasi, Kemudahan yang relatif dalam menganalisis strukturnya, serta kemudahan dalam fabrikasi, membuat struktur ini paling populer digunakan.
- Pada skala kecil, *truss* telah digunakan untuk atap rumah, yang biasanya materialnya berupa kayu ataupun baja ringan, pada bangunan dengan bentangan lebih besar dan beban yang lebih berat seperti Pabrik, Stadion olahraga, umumnya material baja yang digunakan, karena memiliki kekuatan yang lebih besar.

# Sejarah *Truss*

Pada skala besar, *truss* digunakan pada jembatan, dengan bentangan hingga ratusan meter dan menopang beban berat (mobil, kereta api dll). Unit-unit batang *truss* dibuat lebih besar karena mendukung pembebanan yg besar, tetapi prinsip dasarnya sama.



# Jenis-jenis *Truss*

Klasifikasi truss adalah sebagai berikut :

## **1. *Plane Truss*** (Rangka Batang Bidang)

### a. Plane Truss Skala Kecil

- Pratt Truss
- Vierendeel Truss
- King Post Truss & Queen Post Truss
- Town's Lattice Truss

### b. Plane Truss Skala Besar

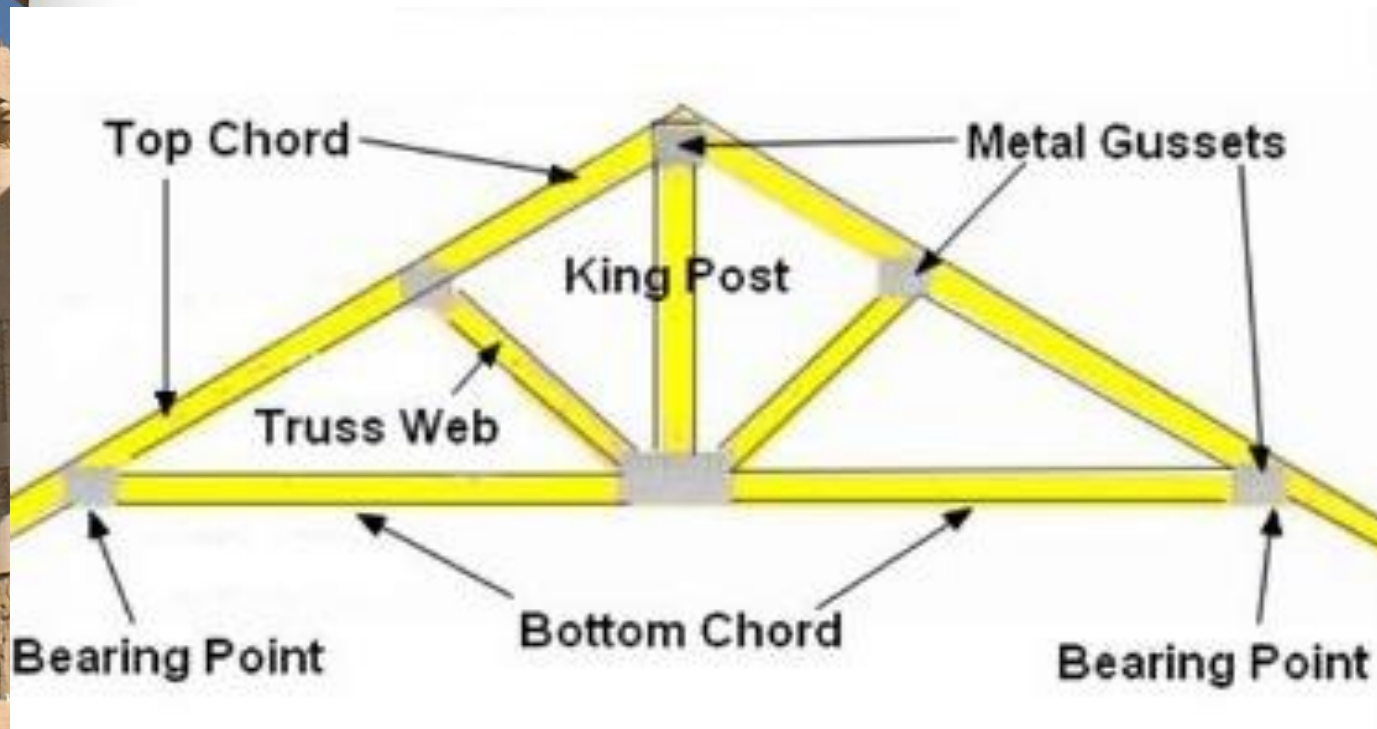
- Pratt
- Howe
- Warren
- Parker
- Baltimore
- "K" Truss

## **2. *Space Truss*** (Rangka Batang Ruang)



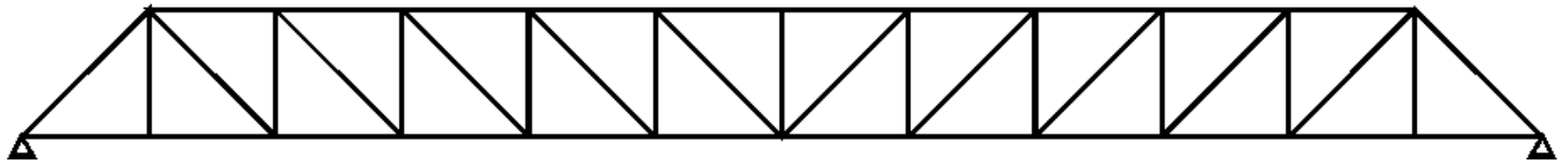
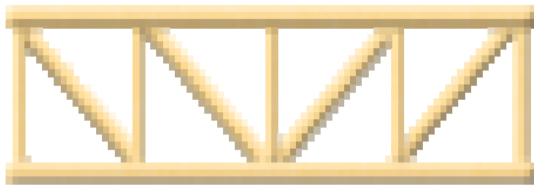
# 1. Plane Truss

**Plane Truss** adalah susunan elemen-elemen linier yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga yang secara keseluruhan berada di dalam satu bidang tunggal. Elemen dan joint berada dalam suatu bidang 2 dimensi.



# Plane Truss Skala Kecil

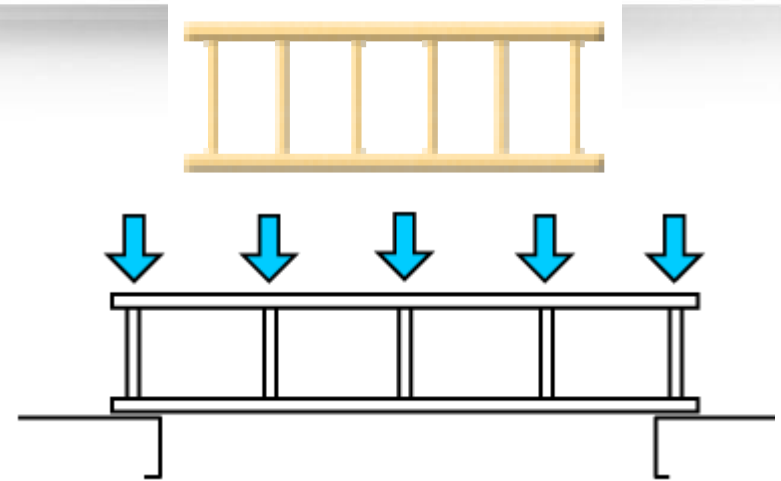
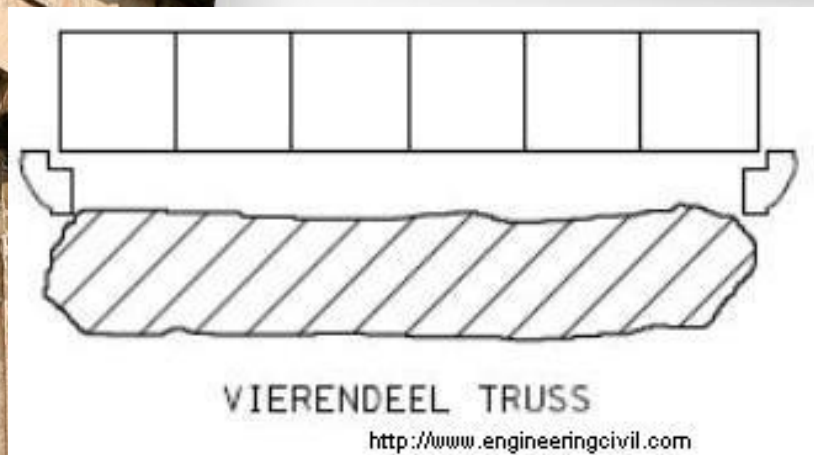
## a. Pratt Truss



Dipatenkan pada tahun 1844 oleh **Caleb Pratt** dan putranya **Thomas Willis Pratt**. Pratt Truss didesain menggunakan **balok vertikal untuk memikul tekan** dan **balok horizontal untuk memikul tarik**. bentuk ini masih dipertahankan sejak masih digunakan material kayu hingga kini baja.

# Plane Truss Skala Kecil

## b . Vierendell Truss



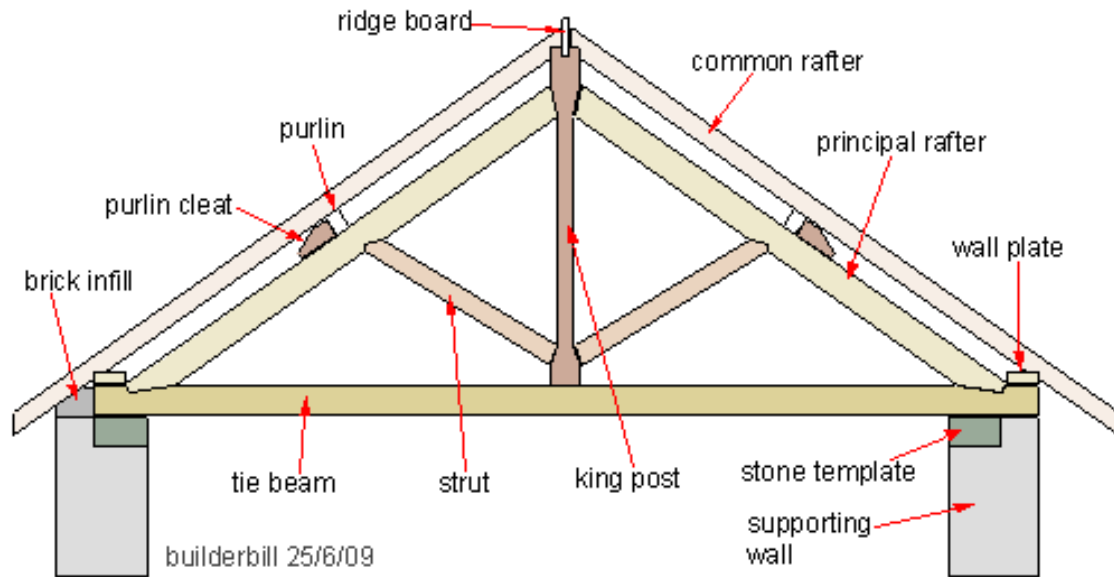
Adalah truss dimana letak elemennya **tidak membentuk segitiga** melainkan **membentuk bukaan segi empat**, dan merupakan frame dengan joint jepit yang mampu mentransfer bending moment. tipe truss ini dinamai demikian sesuai dengan insinyur Belgia yang mengembangkannya pada tahun 1896 yaitu **Arthur Vierendeel**.



# Plane Truss Skala Kecil

## c. King Post & Queen Post Truss

KING POST

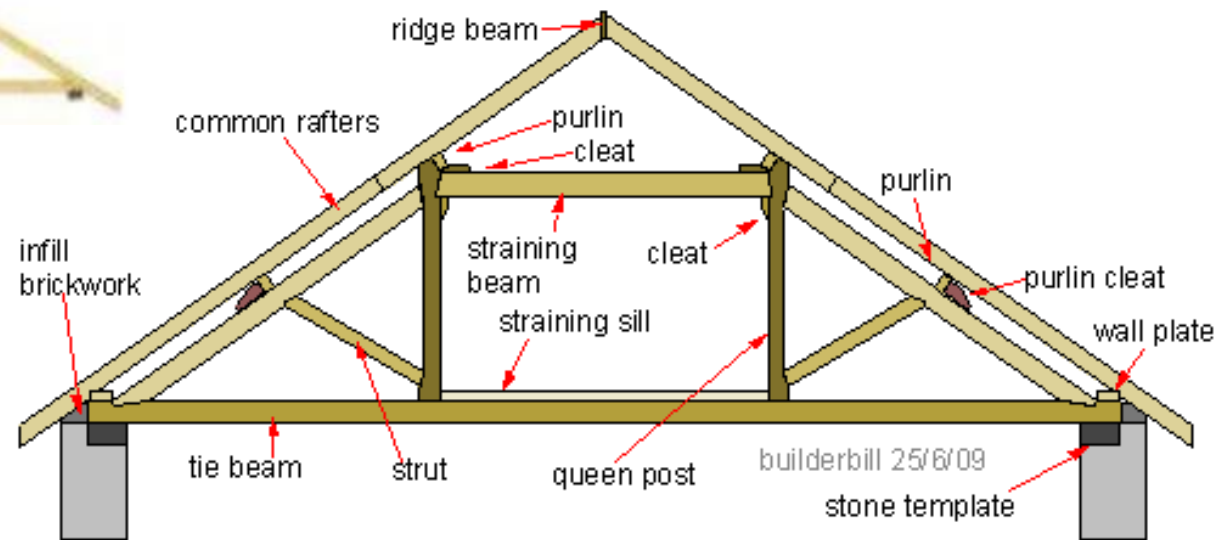


Traditional King Post Roof Truss

King Post Truss Merupakan salah satu tipe truss yang paling mudah diimplementasikan, terdiri dari dua tumpuan dengan sudut tertentu yang bertumpu pada tumpuan vertikal.

# Plane Truss Skala Kecil

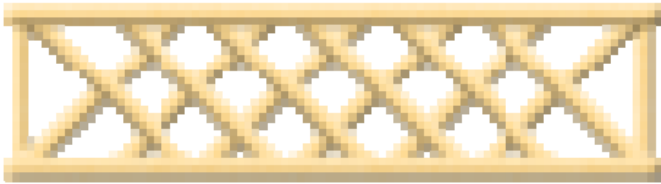
## c. King Post & Queen Post Truss



Traditional Queen Post Roof Truss

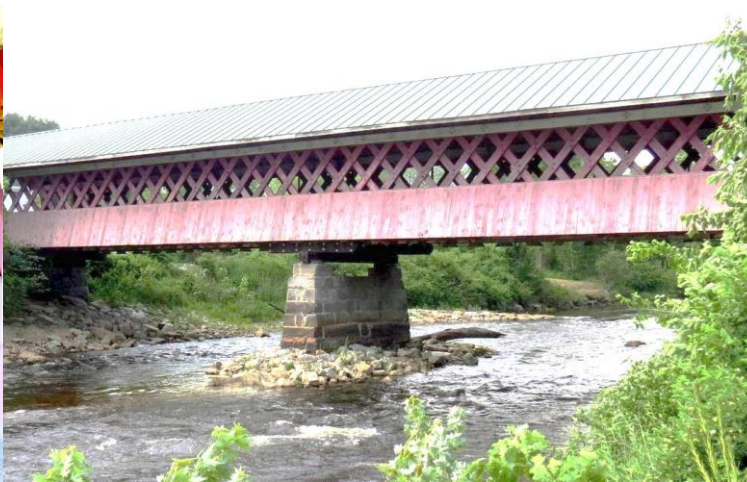
Queen post, sama halnya dengan king post, perbedaan utamanya adalah adanya **balok penyangkang**.

# Plane Truss Skala Kecil d. Town's Lattice Truss









TOWN LATTICE TRUSS

Didesain oleh arsitek Amerika, Ithiel Town sebagai alternatif jembatan kayu besar (heavy timber bridge)..





# Plane Truss Skala Besar

Tipe	Konfigurasi Rangka	Material	Keterangan
Pratt		Baja	Sering digunakan lebih banyak dimasa lampau dari pada tipe-tipe rangka lainnya, bentang maksimal 200 ft
Howe		Baja	Sering digunakan dimasa lampau tetapi sangat sedikit digunakan sekarang
Warren		Baja	Sangat umum, untuk bentang maksimal 200 ft
Parker		Baja	Untk bentang diatas 180 ft atau 200ft sampai 350 ft atau 360 ft, lebih ekonomis
Baltimore		Baja	Digunakan untuk bentang diatas 300 ft
“K” truss		Baja	Digunakan untuk bentang diatas 300 ft

# Plane Truss Skala Besar



Pratt



Parker



K-Truss



Howe



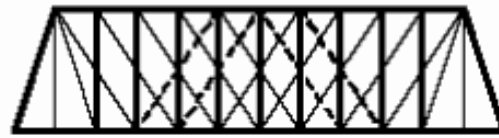
Camelback



Warren



Fink



Double Intersection Pratt



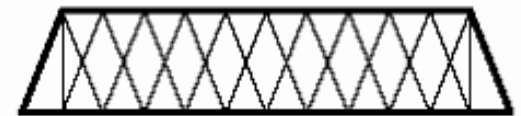
Warren (with Verticals)



Bowstring



Baltimore



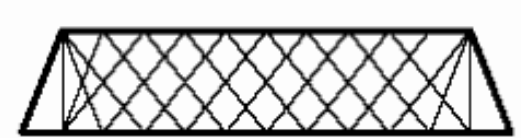
Double Intersection Warren



Waddell "A" Truss

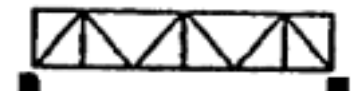
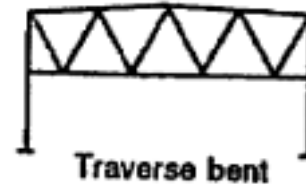
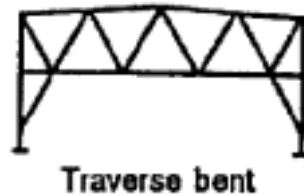


Pennsylvania



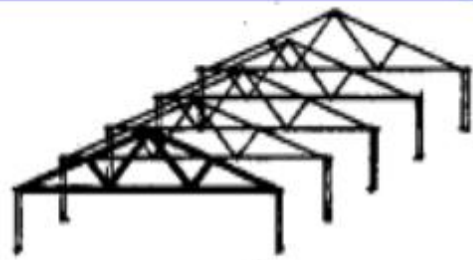
Lattice

# Plane Truss Skala Besar





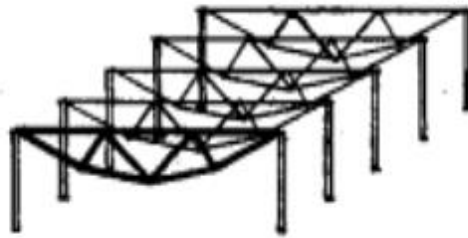
## Flat truss systems



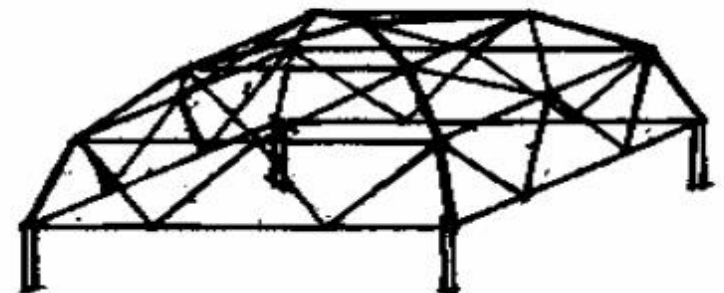
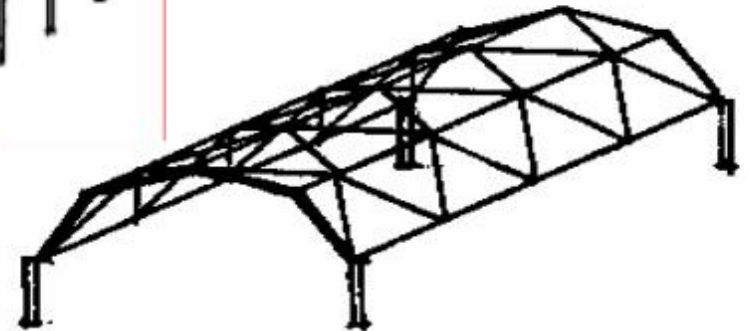
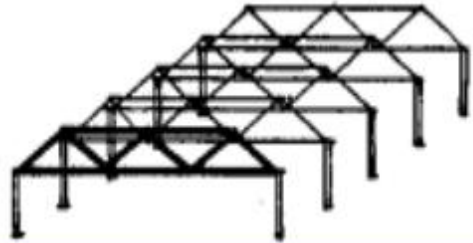
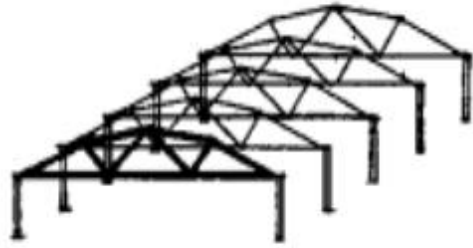
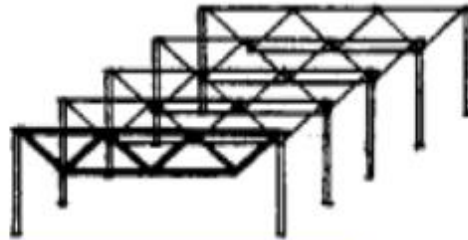
11



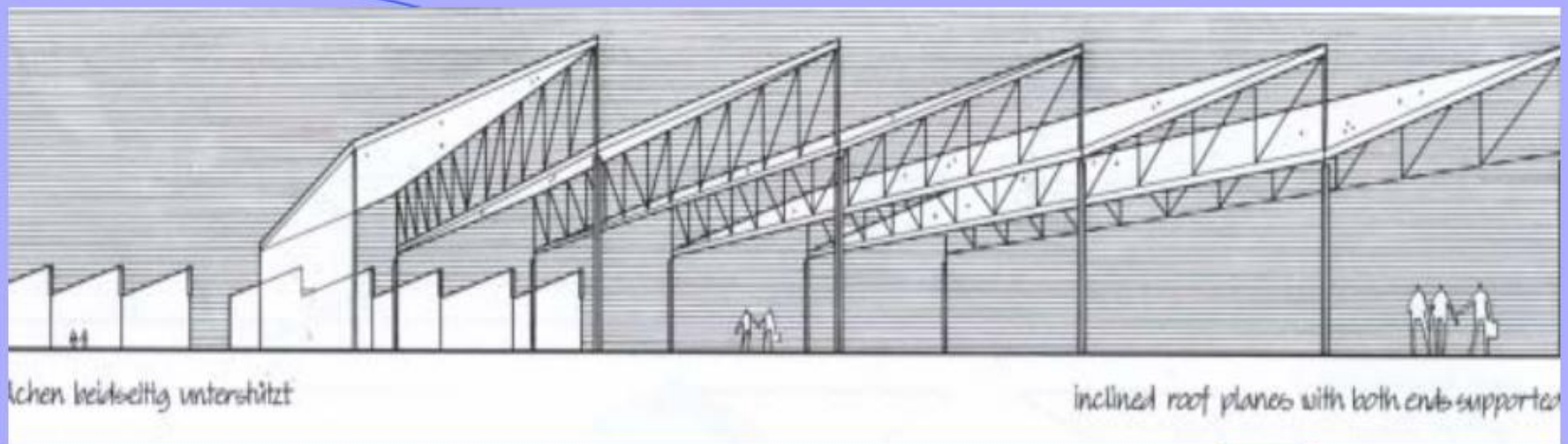
12



13

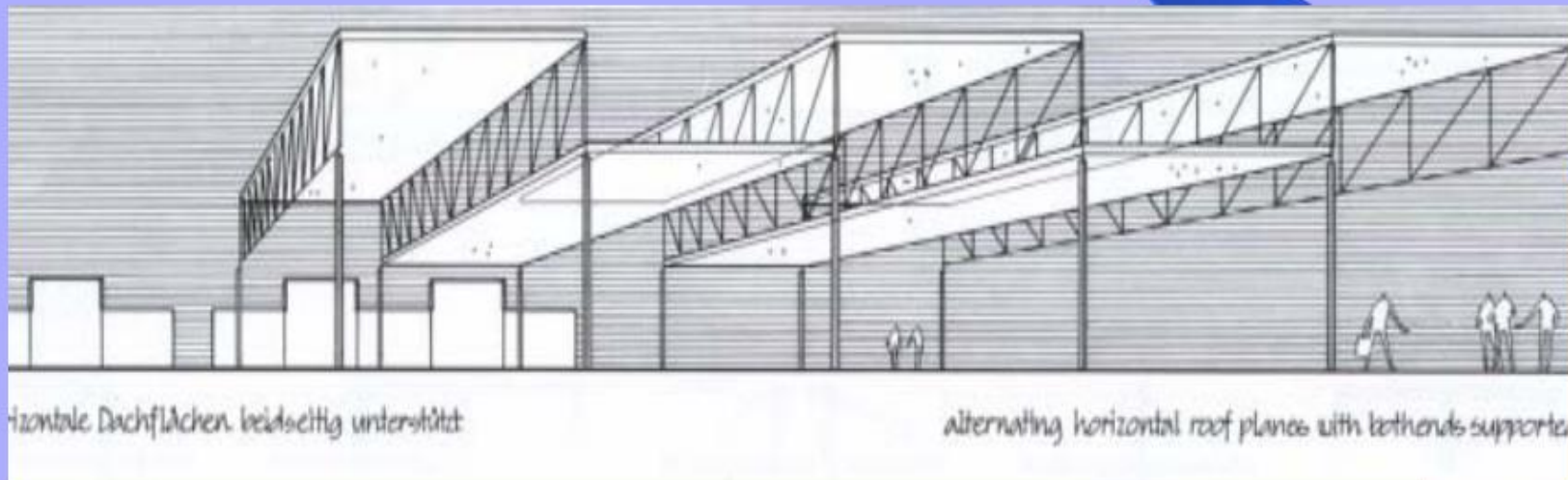


curved truss systems



Architectural cross-section diagram of a building structure. The roof consists of several inclined planes supported by a series of vertical columns. The structure is shown with a truss system. Small human figures are included for scale. The diagram is labeled in German and English.

Architectural cross-section diagram of a building structure. The roof consists of several inclined planes supported by a series of vertical columns. The structure is shown with a truss system. Small human figures are included for scale. The diagram is labeled in German and English.



Architectural cross-section diagram of a building structure. The roof consists of several horizontal planes supported by a series of vertical columns. The structure is shown with a truss system. Small human figures are included for scale. The diagram is labeled in German and English.

Architectural cross-section diagram of a building structure. The roof consists of several horizontal planes supported by a series of vertical columns. The structure is shown with a truss system. Small human figures are included for scale. The diagram is labeled in German and English.

Illustrated examples of flat truss structures



## Tipe tipe Plane Truss skala besar (bentang lebar)





# Kelebihan Rangka Batang

1. Ringan, struktur ini dibangun dengan bahan baja atau aluminium, yang merupakan bahan relatif ringan.
2. Menggunakan sistem modular.
3. Hemat tenaga kerja dan material struktur.
4. Memiliki nilai estetika tersendiri.
5. Pembagian beban yang merata. Sebuah struktur rangka ruang memiliki kekakuan yang cukup meskipun memiliki struktur yang ringan.
6. Kemudahan dalam pemasangan utilitas.
7. Sistem stuktur rangka ruang adalah sistem struktur yang memiliki ketahanan tinggi.
8. Bentuk geometri yang teratur, sehingga dapat diesploitasi secara arsitektural untuk menghadirkan beberapa efek dalam penerapannya.
9. Rigid.



# Kelemahan Rangka Batang

1. Mahal, dikarenakan elemen-elemenya dipesan dari pabrik.
2. Tidak tahan api karena berbahan dasar logam, sehingga tidak tahan panas dan dapat leleh akibat panas.
3. Tenaga ahli yang masih terbatas.

# Contoh penerapan : GOR Banjar Baru





# Contoh penerapan : Rumah

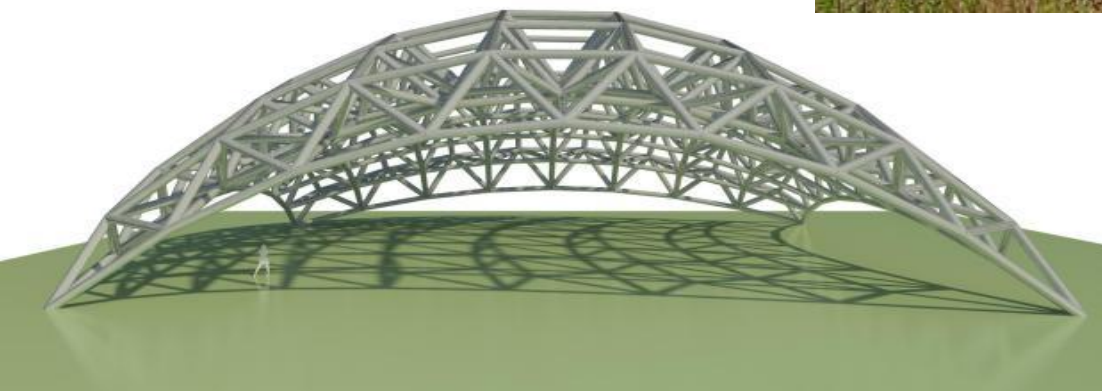
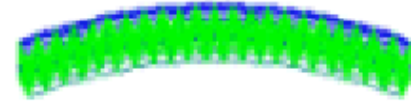
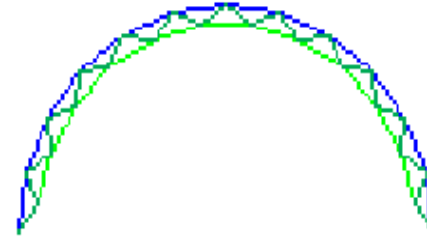
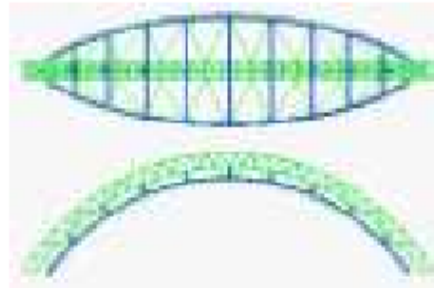


# Contoh penerapan : jembatan





# Contoh penerapan





# Studi Kasus : London Aquatic Center

Arsitek : Zaha Hadid  
Tim Struktur : Ove Arup Partners  
Kontraktor : Balfour Beatty

**London Aquatics Centre** merupakan salah satu stadion yang digunakan untuk Olimpiade London 2012, hasil desain dari arsitek internasional **Zaha Hadid**.

Konsep arsitekturalnya terinspirasi dari gerakan **gelombang air**, penciptaan ruang dan lingkungan sekitarnya mencerminkan pemandangan tepi sungai dari *Olympic Park*.

Sebuah atap bergelombang menyapu dari bawah sebagai gelombang dengan kesatuan kolam utama dengan gerakan pemersatu fluiditas.

# Studi Kasus : London Aquatic Center

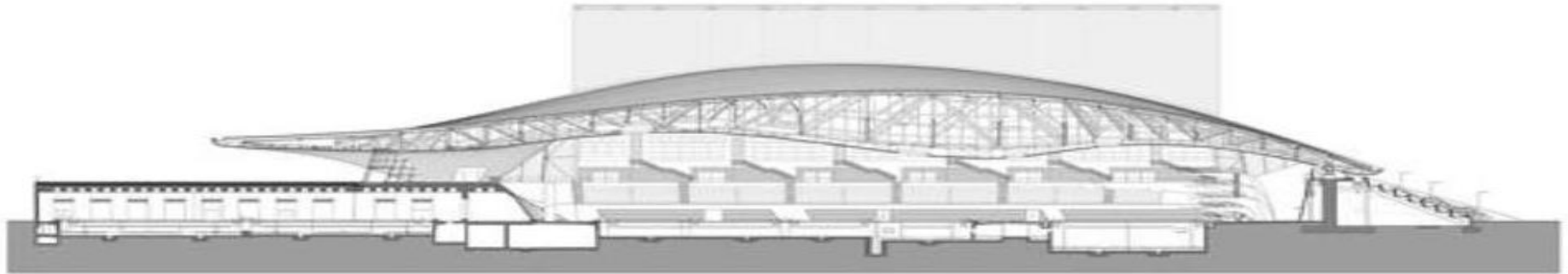
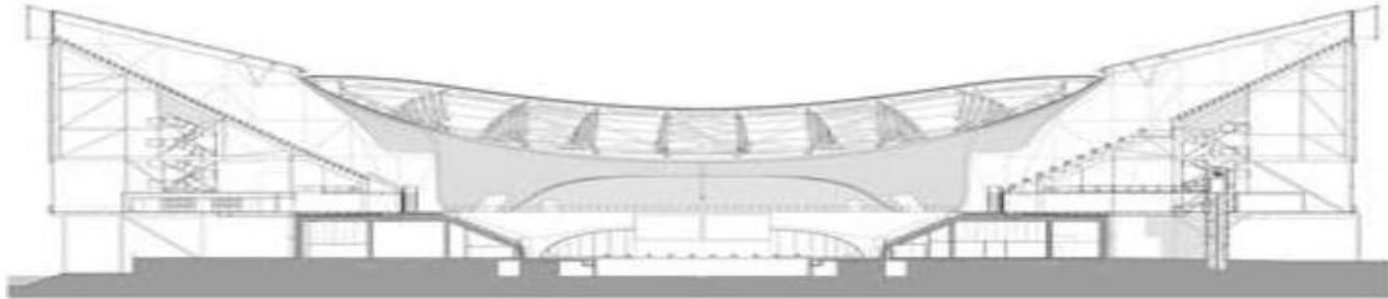
Arsitek : Zaha Hadid  
Tim Struktur : Ove Arup Partners  
Kontraktor : Balfour Beatty

**London Aquatics Centre** merupakan salah satu stadion yang digunakan untuk Olimpiade London 2012, hasil desain dari arsitek internasional **Zaha Hadid**.

Konsep arsitekturalnya terinspirasi dari gerakan **gelombang air**, penciptaan ruang dan lingkungan sekitarnya mencerminkan pemandangan tepi sungai dari *Olympic Park*.

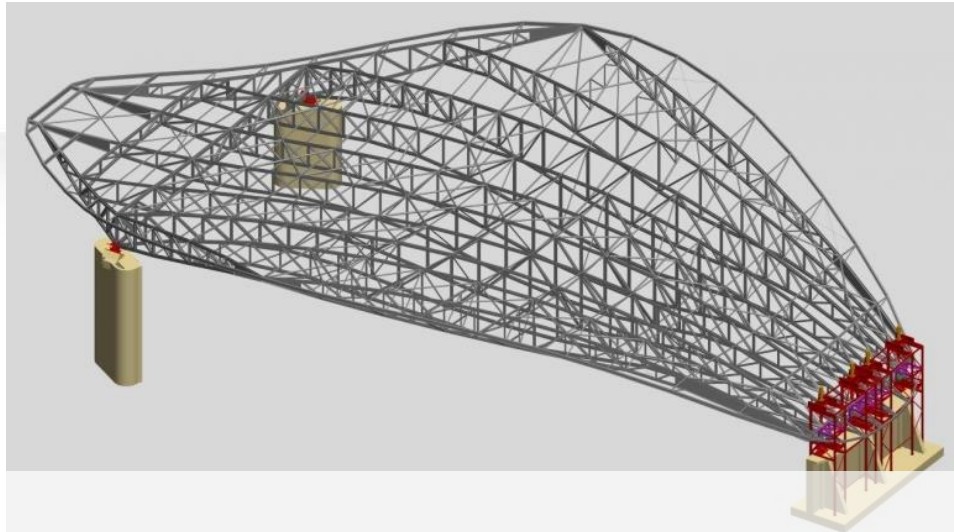
Sebuah atap bergelombang menyapu dari bawah sebagai gelombang dengan kesatuan kolam utama dengan gerakan pemersatu fluiditas.

# Studi Kasus : London Aquatic Center





# Studi Kasus : London Aquatic Center



## Struktur

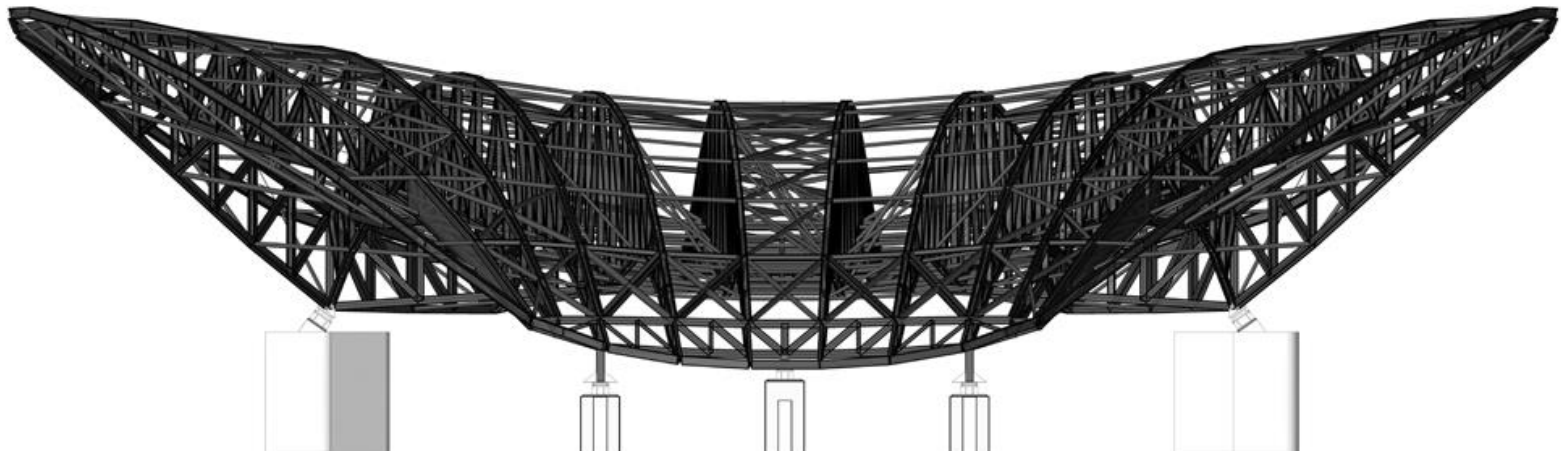
Dengan Dimensi **Panjang** mencapai **160 meter**, **Lebar** mencapai **80 meter**, serta **Tingginya** mencapai **80 meter**, Sistem yang dipilih untuk strukturnya adalah “**Vector Active**” yaitu sistem **pendek, lurus, dan solid** dimana pengalihan kekuatan dipengaruhi **vector**, yaitu partisi multiarah sehingga pembebanan terbagi merata ke segala tumpuan. Hal ini berdampak pada rangka atapnya ditopang **2 kolom utama** disatu sisi dan **dinding struktur** di sisi lainnya.

# Studi Kasus : London Aquatic Center

## Struktur

Dengan Bentuk yang seperti gelombang, untuk struktur atapnya menggunakan sistem **"Space Truss"** dan penutup atapnya menggunakan **sistem membran**. Space truss dipilih karena fungsi bangunan ini sebagai salah satu tempat olimpiade london tahun 2012, yang membutuhkan ruang luas tanpa banyak penyangga di bawahnya.

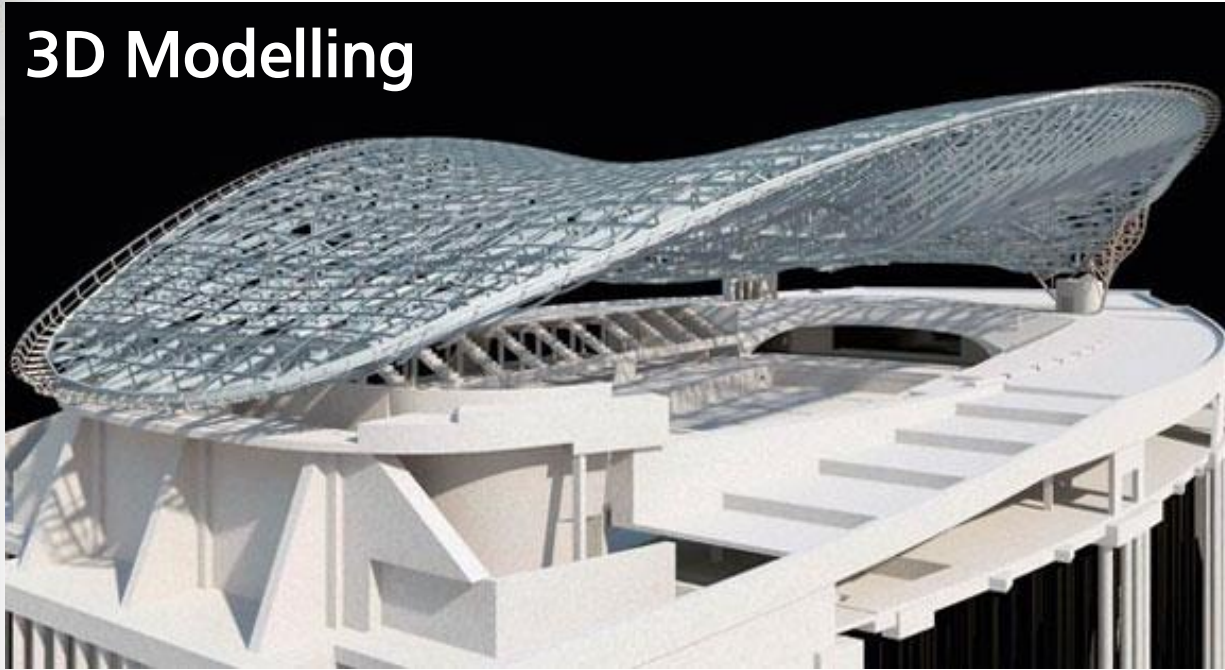
Sistem ini memiliki kekuatan dari penyatuan kekakuan rangka triangular. Beban-beban yang ada akan ditransformasikan ke dalam gaya tekan dan tarik





# Studi Kasus : London Aquatic Center

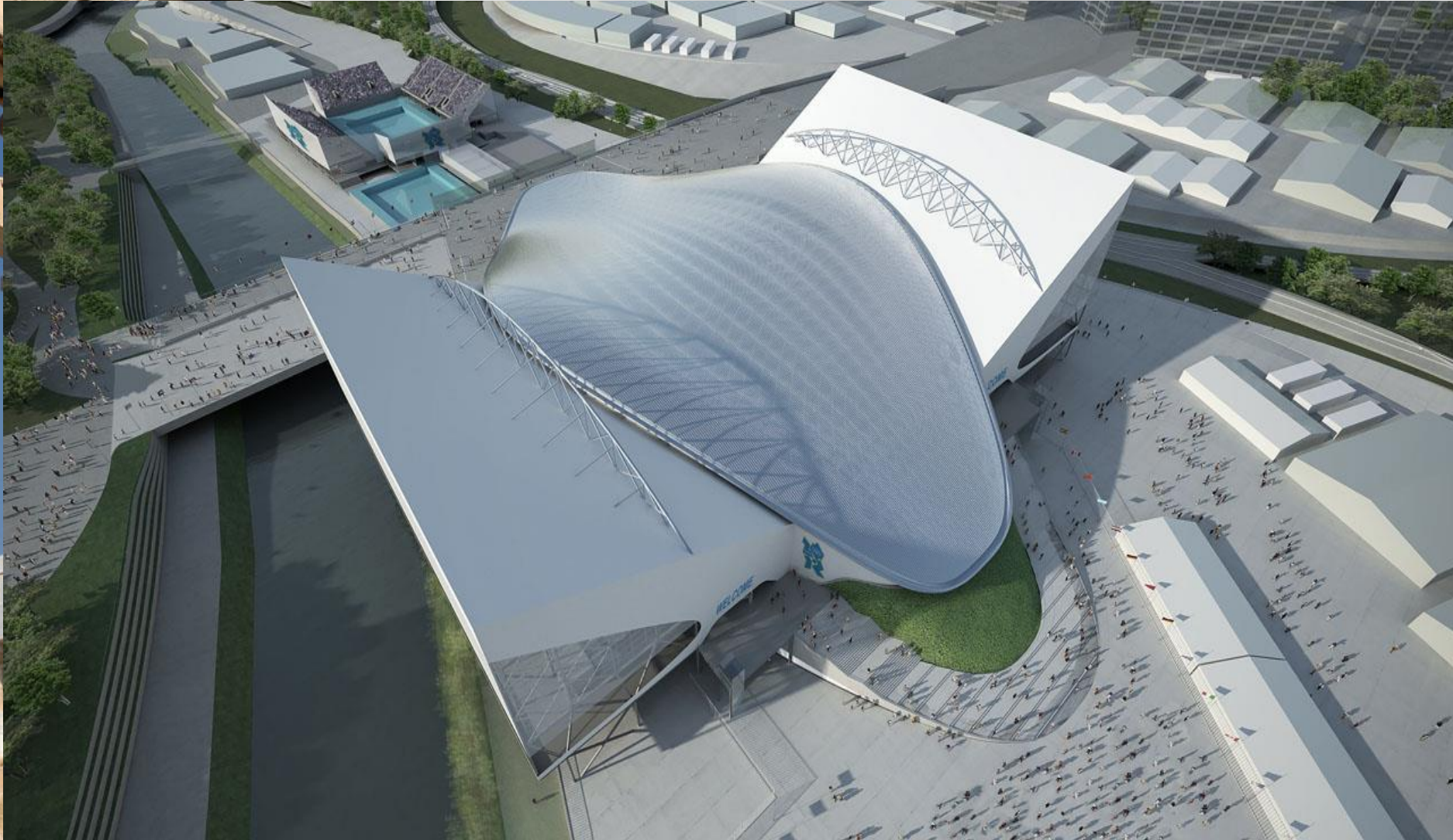
## 3D Modelling





# Studi Kasus : London Aquatic Center

## 3D Modelling



# Studi Kasus : The Singapore Sports Hub

Singapore Sport Hub yang dirancang oleh DP Architects dan ahli strukturnya dari **Yongnam Engineering & Structure**, merupakan pusat olahraga terpadu pertama yang dimiliki Asia.

Kubah kompleks stadion ini menjadi kanopi pelindung yang fungsinya menghubungkan ke semua bagian gedung. Dengan pendekatan bangunan hijau selama proses merancang, Singapore Sport Hub akan menjadi proyek arsitektur berkelanjutan yang ekstensif menggabungkan lanskap, sistem air, dan penghijauan.

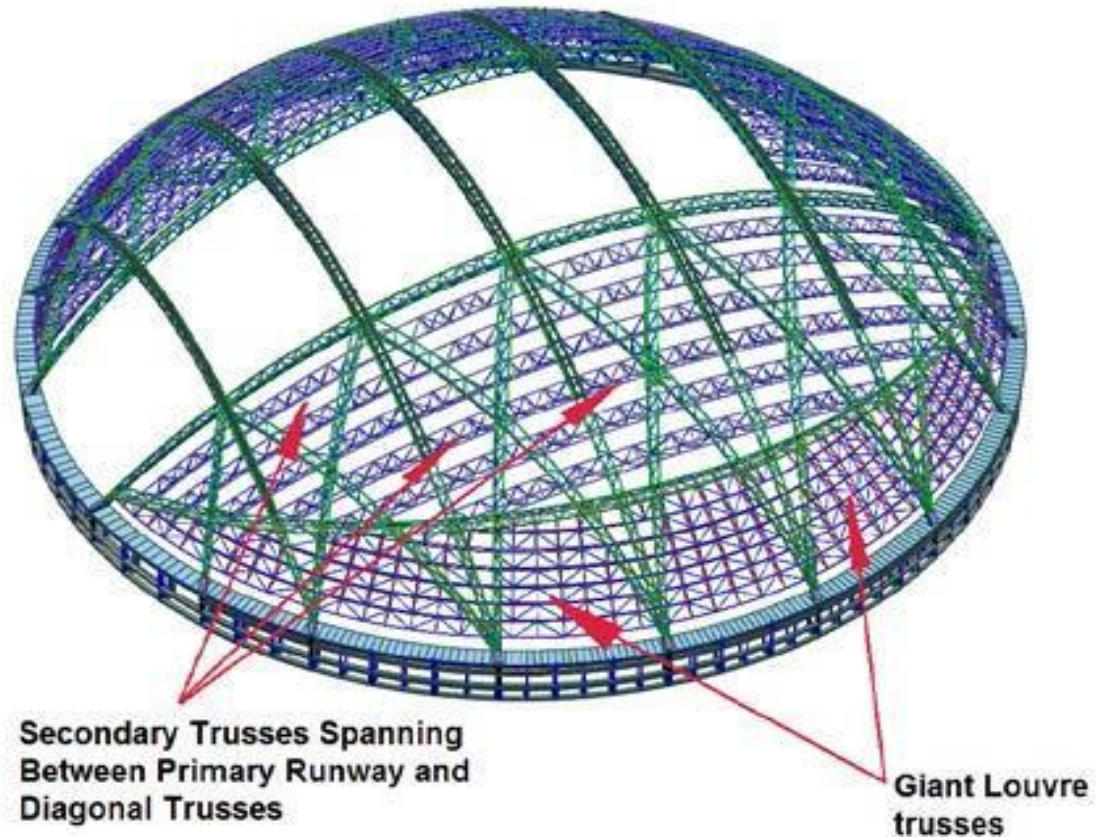




# Studi Kasus : The Singapore Sports Hub

## STRUKTUR

Kubah ini merupakan struktur kubah terbesar di dunia, kubah ini terbentang lebih dari 310 meter. Dengan bentang yang sangat panjang, dua sistem struktur dipilih untuk struktur atapnya, yaitu **Sistem Truss** dan **Sistem dome (kubah)**.





# Studi Kasus : The Singapore Sports Hub

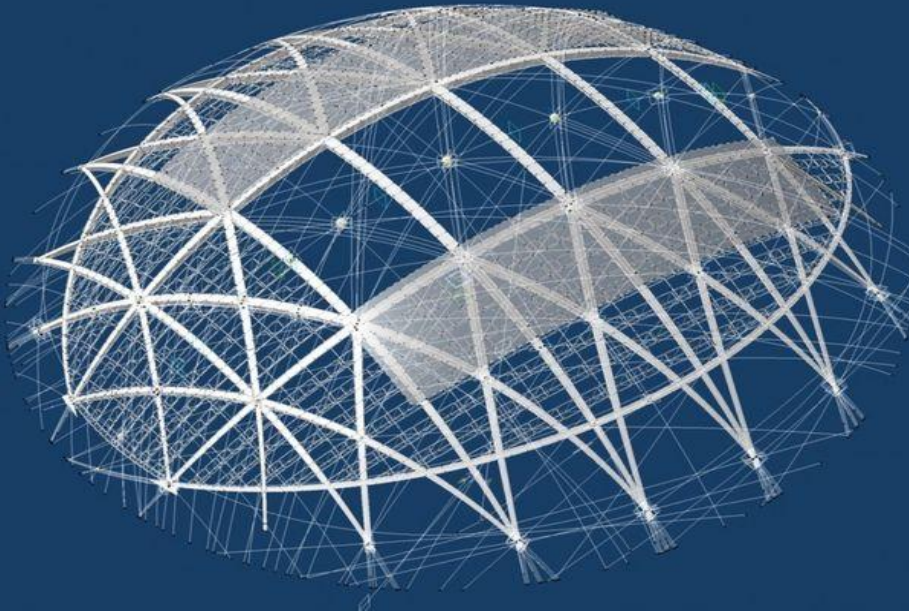
## STRUKTUR

Untuk Bagian atap Sports Hub, Dengan Bentang 312m yang beratnya lebih dari 120kg per meter persegi, atap **Dome** efisien karena efisiensi dari pemodelan parametrik dan mengembangkan struktur atap melalui BIM. Ini mungkin dua kali lebih efisien sebagai salah atap untuk stadion sebesar ini, terutama dalam mengangkat atap bergerak.



# Studi Kasus : The Singapore Sports Hub

## 3D Modelling





# Studi Kasus : The Singapore Sports Hub







Terima kasih....