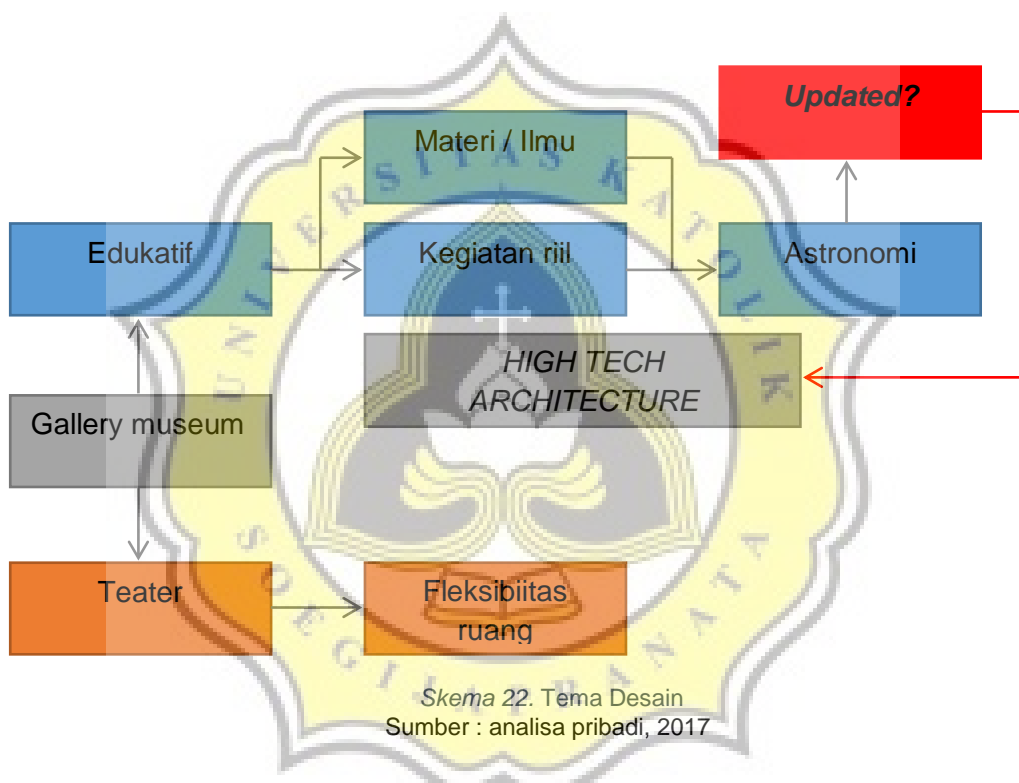


## BAB V

### KAJIAN TEORI

#### 5.1 Kajian Teori Penekanan / Tema Desain

Tema desain pada proyek “Museum Antariksa di Surabaya” ini adalah *high tech architecture*. Latar belakang pemilihan penekanan atau tema desain tersebut didasari oleh kerangka pemikiran sebagai berikut:



##### 5.1.1 Interpretasi dan Elaborasi Penekanan Desain

- Pengertian Arsitektur *High Tech*

Menurut Colin Davies, 1998 di dalam bukunya yang berjudul “*High Tech Architecture*”, *High Tech Architecture* adalah sebuah *style* yang bermuara pada ide gerakan arsitektur modern yang menitikberatkan pada kesan struktur serta teknologi sebuah bangunan.

Berdasarkan Colin Davies, dalam bukunya berjudul *High Tech Architecture* (1988: 6-13), karakteristik dari *style High Tech Architecture* adalah:

a. Material

- Penggunaan material berupa metal (besi, baja, dan alumunium) dan kaca. Hal ini berujuan untuk menunjukkan kejujuran dalam ekspresi bangunan.
- Memanfaatkan perkembangan dari material, perlaksanaannya cepat, ringan, namun kuat.
- Perwujudan ide dari produk industri. Arsitektur *High Tech* berujuan untuk mengekspresikan “*spirit of the age*”, dengan penggunaan teknologi yang selalu berkembang sesuai dengan zamannya. Arsitektur *High Tech* lebih memilik untuk mengekspresikan teknologi tersebut daripada menggunakan teknologi bangunan tradisional yang lebih mudah dan murah.
- Warna yang biasanya dipakai adalah perak atau abu-abu mengkilat dari metal. Warna lain hanya ditampilkan sebagai suatu aksen.

b. Tinjauan Ruang dan Fleksibilitas

- Ditinjau dari kemampuan ruang yang mampu menyesuaikan perubahan baik secara fisikal maupun preseptual ataupun tanpa perubahan tersebut serta tersedianya ruang service di dalam bangunan tanpa penutup (*enclosure*).

- Ruang yang multifungsi yang fleksibel dan elemen struktur dapat dikurangi maupun ditambah tanpa harus merusak komposisi utama.

c. Struktur dan Utilitas

- Suatu hal yang membedakan arsitektur *High Tech* dengan *style* lainnya adalah ekspos struktur dan utilitas. Namun tidak semua arsitek *High Tech* mengekspos struktur dan utilitas bangunannya. Contohnya, Richard Rogers selalu meletakkan pipa-pipa dan saluran-saluran utilitas pada fasade bangunannya dan menyukai permukaan yang kasar dengan komposisi internal yang terekspos. Sedangkan Norman Foster meletakkannya di belakang dinding, di atas plafond atau di bawah lantai serta lebih menyukai permukaan yang licin dan bersih. Kecenderungan arsitektur *High Tech* mendramatisir fungsi teknis dari elemen-elemen bahan bangunan tersebut.
- Bangunan *High Tech* sering disamaartikan dengan “*intelligent / pintar*”, dimana keseluruhan proses kegiatan dalam abngunan merupakan suatu intergrasi dari beberapa sub sistem yaitu menyangkut pengontrolan ruang, perawatan struktur, penerangan, publik, dan akustik ruang.

d. Tipologi Arsitektur *High Tech*

- Pada dasarbya tipologi bangunan *High Tech* adalah sebuah parbrik. Pada kenyataanya arsitektur *High Tech*

mempengaruhi desain pabrik, sehingga memunculkan persepsi bahwa bangunan *High Tech* adalah pabrik.

- Tipe pabrik yang dimaksud diterjemahkan sebagai struktur bentang lebar dengan penutup dinding yang sederhana yang kemudian diadopsi pada fungsi lain seperti supermarket, pusat kebugaran, dan galeri seni dan lain sebagainya. Pemakaian kaca jernih transparan dan besar, penempatan pipa-pipa, tangga struktur serta penekanan pada pergerakan eskalator dan elevator member karakter tersendiri bagi bangunan *high tech*.

Menurut Charles Jenks di dalam bukunya yang berjudul "*High Tech Maniera*", pada bangunan *high tech* seluruh elemen servis dan struktur pada bangunan selalu diperlihatkan sebagai ornamen. Arsitektur *high tech*. arsitektur *high tech* adalah sebuah "kejujuran" dikarenakan dalam penerapan fungsi elemen bangunan dinyatakan dengan jelas misalnya tangga, lift, pemipaan, dll.

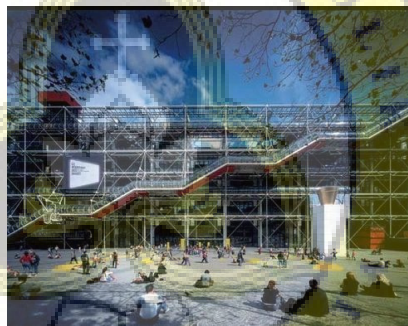
### 5.1.2 Studi Preseden

#### a. Center Pompidou Paris

Center Pompidou berada pada area Beaubourg distrik 4<sup>th</sup> arrondissement Paris dimana bangunan ini difungsikan sebagai sebuah perpustakaan yang terbuka untuk umum, museum, dan pusat penelitian untuk musik dan akustik. Bangunan ini dibangun pada tahun 1971 dan diresmikan pada tahun 1977 pada bulan Desember. Center Pompidou direncanakan oleh seorang arsitek bernama Renzo Piano, Richard Rogers, dan Gianfranco Franchini.

Sebuah bangunan dengan arsitektur *high tech* ini memiliki sebuah elemen servis dan elemen struktur yang di ekspos dan diperlihatkan secara jelas sebagai sebuah ornamen yang diperlihatkan kepada *user* bangunan. Bangunan dengan arsitektur *high tech* identik dengan penggunaan kaca, ekspos saluran pemipaan, tangga, eskalator, dan lift dengan menggunakan berbagai macam warna-warna cerah yang membedakan tiap-tiap fungsi dari elemen struktur maupun elemen *service* pada bangunan.

“Kejujuran” identik pada bangunan dengan arsitektur *high tech* karena pada bangunan dengan *style* ini akan mengekspos dengan jelas fungsi dari elemen bangunannya seperti lift, tangga, dll.



Gambar 109. Façade Center Pompidou Paris  
Sumber : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

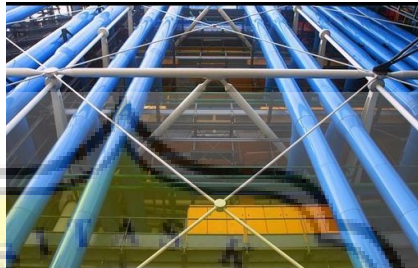


Gambar 110. Interior Center Pompidou Paris  
Sumber : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

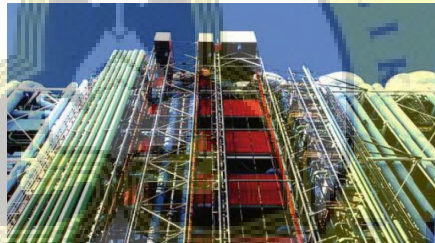


Gambar 111. Escalator Center Pompidou Paris  
Sumber : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

Penggunaan eskalator yang di ekspos secara jelas pada bangunan.



Gambar 112. Utilitas pada Bangunan  
Sumber : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)



Gambar 113. Penggunaan Warna untuk Membedakan Fungsi Elemen Servis  
Sumber : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

## b. Reichstag Dome

Reichstag dome merupakan sebuah bangunan berbentuk dome yang mengaplikasikan material transparan berupa kaca pada seluruh bangunannya. Bangunan ini di desain oleh seorang arsitek bernama Norman Foster dan berada di Berlin, Jerman.

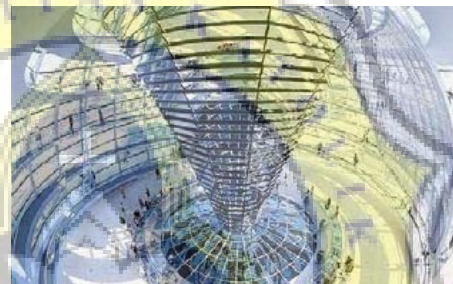
Dalam mendesain sebuah bangunan dengan arsitektur *high tech*, Norman Foster selalu menampilkan ekspos struktur dan konstruksi pada setiap rancangannya. *Inside out* merupakan karakteristik dari



bangunan arsitektur *high tech* dimana karakter ini berusaha untuk menampilkan ekspos bagian interior sehingga dapat terlihat dari luar sehingga antara dalam bangunan dengan bangunan di luar memiliki nilai yang sama.



Gambar 114. Interior Reichtag Dome  
Sumber : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)



Gambar 115. Sculpture pada Interior Reichtag Dome  
Sumber : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

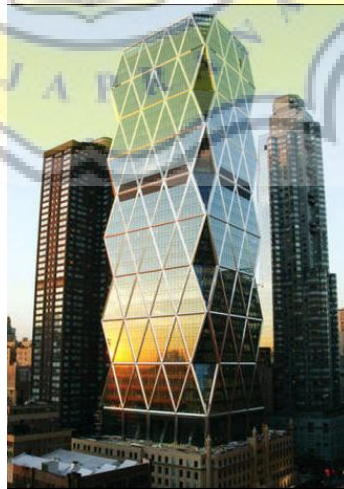
Hampir seluruh desain yang dirancang oleh Norman Foster mengaplikasikan material-material transparan, ekspos saluran pemipaan, pewarnaan struktur dengan sentuhan warna abu-abu, ekspos tangga, eskalator, dan lift, dengan penggunaan warna perak dan metalik dapat menciptakan sebuah citra *high tech architecture*.

Selain memiliki karakteristik *inside out*, contoh karakteristik lain yang dapat disampaikan dengan jelas dari bangunan ini adalah karakter *transparency, layering, and movement* yang selalu ditonjolkan pada bangunan dengan langgam *high tech* sebagai suatu kualitas keindahan.

c. Hearst Tower

Gedung Hearst Tower ini didirikan oleh seorang arsitek bernama Norman Foster + Partners Gensler Adamson Associates Architects bersama dengan teknisi struktur WSP Cantor Seinuk. Bangunan ini difungsikan sebagai fasilitas perkantoran yang berada pada 300 West 57 Street New York City, AS dan pembangunan dimulai pada tahun 2003 lalu diresmikan pada tahun 2006. Hearst Tower memiliki ketinggian 182 meter dengan jumlah 46 lantai dan memiliki luas lantai seluas 80.000 m<sup>2</sup>.

Merupakan contoh dari karakter *celebration of process* yang terdapat pada bangunan dengan langgam *high tech architecture* dimana yang dimaksudkan pada karakter ini adalah penekanan terhadap pemahaman konstruksi dan pada bangunan ini merupakan salah satu pengungkapan struktur yang dilakukan oleh sang arsitek yaitu Norman Foster.

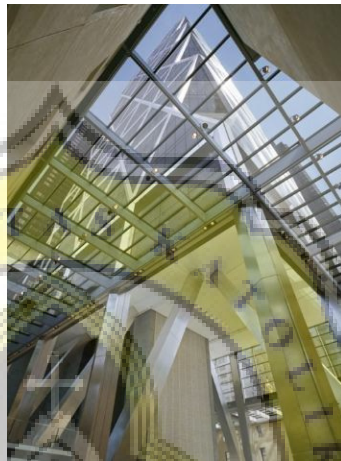


Gambar 116. Façade Hearst Tower  
Sumber : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)





Gambar 117. Detail Façade Hearst Tower  
Sumber : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)



Gambar 118. Interior Reichstag Dome  
Sumber : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

### 5.1.3 Kemungkinan Implementasi Teori Penekanan Desain

Teori desain *Style High Tech Architecture* akan diterapkan pada “Museum Antariksa” adalah dengan penerapan hal-hal berikut:

#### a. Bentuk Bangunan

Menerapkan bentuk bangunan yang dimanis dengan penggabungan antara bentuk dasar persegi panjang, lingkaran, dan segitiga.

#### b. Prinsip *Transparency, Layering, and Movement*

- penggunaan elemen / material kaca untuk memberi kesan transparan untuk bangunan

- menerapkan permainan cahaya dan bayangan didalam bangunan
- mengolah jalur sirkulasi yang ada dengan perubahan ketinggian lantai.

c. Warna

Pemilihan warna-warna cerah dan metalik pada bangunan. Pemberian warna lain diberikan untuk aksesntuasi agar menciptakan nuansa yang dinamis dan tidak kaku.

d. Struktur

Pemilihan struktur didasarkan pada penggunaan struktur yang dapat dimanfaatkan sebagai unsur estetika dengan cara di ekspos, tidak disembunyikan sehingga dapat memberi kesan dramatis. Misalnya sistem struktur *space frame*. Material yang digunakan sebagai penutup juga dipilih yang bersifat modern.

e. Teknologi

Selain mempertimbangkan bentuk dan fasdae, bangunan juga didapat mungkin hemat energi seperti memanfaatkan teknologi *solar cell* dan pengolahan limbah.

## 5.2 Kajian Teori Permasalahan Dominan / Fokus Kajian

### 5.2.1 Uraian Interpretasi dan Elaborasi Teori Permasalahan Dominan

#### 5.2.1.1. Latar Belakang

Permasalahan dominan pada perancangan “Museum Antariksa di Surabaya” ini adalah bagaimana penerapan sistem *advance* yang ada pada bangunan. Hal ini dilatar belakangi oleh:

- Kebutuhan akan fleksibilitas ruang demi menciptakan kenyamanan bagi pengguna bangunan.
- Mampu memberikan *image* dan aura arsitektural yang kuat kepada masyarakat.
- Merupakan salah satu upaya di dalam pengaplikasian *style high tech architecture*.

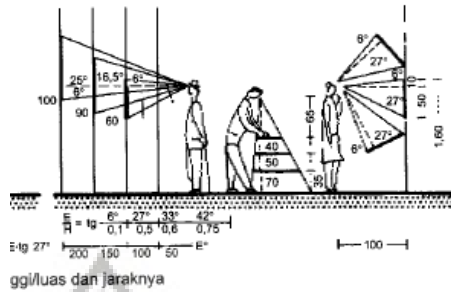
Sehingga diharapkan dengan penerapan sistem *advance* pada bangunan dapat memperkuat konsep *high tech architecture* yang akan disampaikan kepada masyarakat.

#### 5.2.1.2. Faktor Kenyamanan

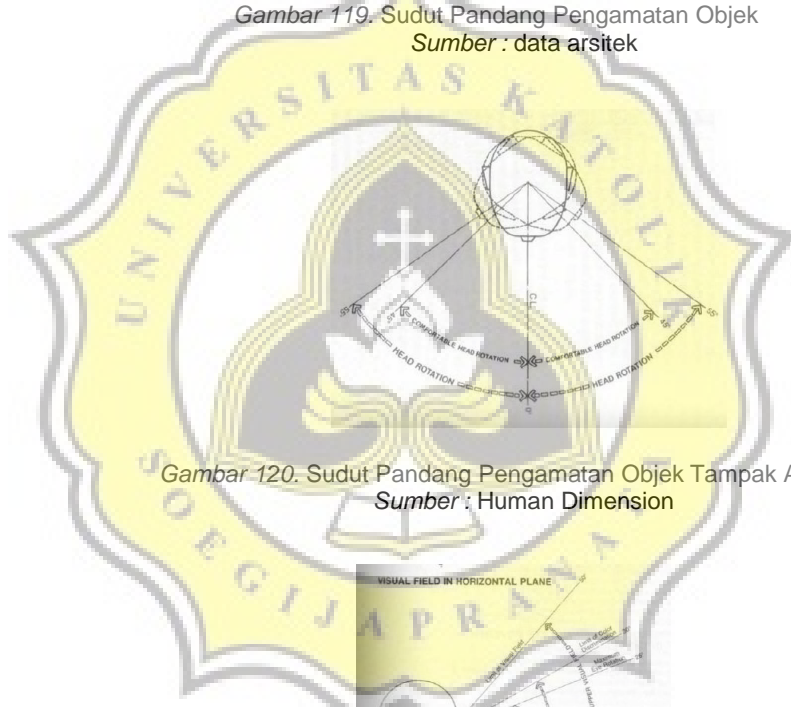
Kenyamanan perilaku dan psikologis pengguna di dalam bangunan merupakan salah satu faktor utama yang harus diperhatikan. Kenyamanan aktifitas digunakan untuk memudahkan pengunjung saat ingin mencari segala informasi yang dibutuhkan terkait dengan obyek yang dipamerkan. Hal-hal terkait dengan faktor kenyamanan ini adalah:

- Sudut pandang mata pengunjung yang mencakup standar kenyamanan sudut pandang dan elemen pembatas yang diberikan untuk mempermudah pengunjung saat melihat obyek.
- Jarak pandang obyek yang mencakup jarak kenyamanan pengunjung saat melihat dari titik obyek sehingga dapat melihat obyek secara jelas.

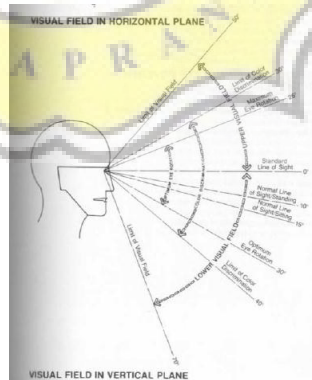
- Kelancaran pengamatan yang mencakup tidak terganggunya alur sirkulasi antar masing-masing fasilitas pameran yang disediakan sehingga pengunjung dapat mendapatkan informasi semaksimal mungkin.



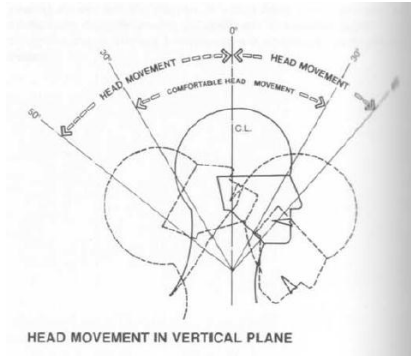
Gambar 119. Sudut Pandang Pengamatan Objek  
 Sumber : data arsitek



Gambar 120. Sudut Pandang Pengamatan Objek Tampak Atas  
 Sumber : Human Dimension



Gambar 121. Sudut Pandang Pengamatan Objek Tampak Samping  
 Sumber : Human Dimension



HEAD MOVEMENT IN VERTICAL PLANE

Gambar 122. Sudut Pandang Pergerakan Kepala  
 Sumber : Human Dimension



Gambar 123. Sudut Pandang Pengamatan Objek Posisi Berdiri  
 Sumber : Human Dimension

	in	cm
A	28-29	71.1-73.7
B	18-22	45.7-55.9
C	13-16	33.0-40.6

Gambar 124. Sudut Pandang Pengamatan Objek Posisi Duduk  
 Sumber : Human Dimension

### 5.2.1.3. Pengertian Sistem Struktur *Advance* ( Sistem Struktur Bentang Lebar )

- Struktur

Struktur merupakan bagian bangunan yang menyalurkan beban-beban (Macdonals, 2001:1) dimana struktur dianggap sebagai alat untuk mewujudkan gaya eksternal menjadi mekanisme pemikulan beban intern untuk menopang dan memperkuat suatu konsep arsitektural.

Struktur merupakan suatu entitas fisik yang memiliki sifat keseluruhan yang dapat dipahami sebagai suatu organisasi unsur-unsur pokok yang ditempatkan dalam suatu ruang yang di dalamnya karakter keseluruhan itu mendominasi interelasi bagian-bagiannya. (Shodek, 1998:3) Secara lebih luas lagi, struktur adalah yang didalamnya alat-alat penopang dan metode-metode konstruksi dianggap sebagai faktor intrinsik dan penentu bentuk dalam poses perancangan bangunan. (Synder & Catanese, 1989 : 359).

Berdasarkan buku Sistem Bentuk Struktur Bangunan (Frick, 1998 : 28), struktur jika ditinjau dari segi fungsinya merupakan penentu aturan yang mendayagunakan hubungan antara konstruksi dan bentuk. Struktur berpengaruh pada teknik dan estetika. Pada teknik, struktur berpengaruh pada kekukuhan gedung terhadap pengaruh luar maupun bebannya sendiri yang dapat mengakibatkan perubahan bentuk atau robohnya



bangunan. Sedangkan estetika dilihat dari segi keindahan gedung secara integral dan kualitas arsitektural.

- Bentang Lebar

Bentang lebar merupakan penggunaan ruang bebas kolom yang selebar dan sepanjang mungkin pada bangunan. Bentang lebar dibagi menjadi dua klasifikasi yaitu:

- Bangunan lebar sederhana

Merupakan struktur yang dipergunakan langsung pada bangunan berdasarkan teori dasar dan tidak melakukan proses modifikasi dari bentuk yang sudah ada.

- Bangunan lebar kompleks

Merupakan struktur yang melakukan modifikasi dari bentuk dasar dan juga penggabungan terhadap beberapa sistem struktur bentang lebar.

Struktur bentang lebar dibagi ke dalam beberapa sistem struktur.

Sistem Struktur	Keterangan
<i>Space Truss</i>	Merupakan struktur rangka tiga dimensi yang membentang mengalami gaya tekan atau tarik saja ke dua arah. Tersusun dari modul-modul yang telah diatur berbalik antara modul satu dengan lainnya dan gaya tersalurkan melalui modul-modul ini.
<i>Pneumatic Structure</i>	Merupakan struktur yang ditumpu udara ( <i>air-supported structure</i> ) dan struktur yang digembungkan dengan

	udara ( <i>air-inflated structure</i> ).
<i>Frame Structure</i>	Merupakan sistem struktur dari batang-batang dengan ukuran panjang lebih besar dari ukuran penampangnya. Unsur vertikal difungsikan sebagai penyalur beban ke tanah sedangkan unsur horisontal berfungsi sebagai pembagian lentur.
<i>Arch Structure</i>	Merupakan struktur lengkung yang dalam memperoleh kekuatan yang baik dapat digunakan pengikat sebagai dasar strukturnya dan bahan tersebut adalah kabel, baja, besi, beton, maupun kayu. ( <a href="http://www.adampriyadi.wordpress.com">www.adampriyadi.wordpress.com</a> )

Tabel 83. Sistem Struktur Bentang Lebar  
Sumber : analisa pribadi, 2017

- *Space Frame*

Merupakan aplikasi dari sistem struktur rangka batang yang merupakan struktur rigid dalam menerima gaya eksternal. Sistem tiga dimensi yang mencakup sistem diikat dalam dua arah dimana anggota berada dalam ketegangan atau kompresi saja. Istilah *space frame* meliputi koneksi terjepit dan kaku (Hardi, 2003).

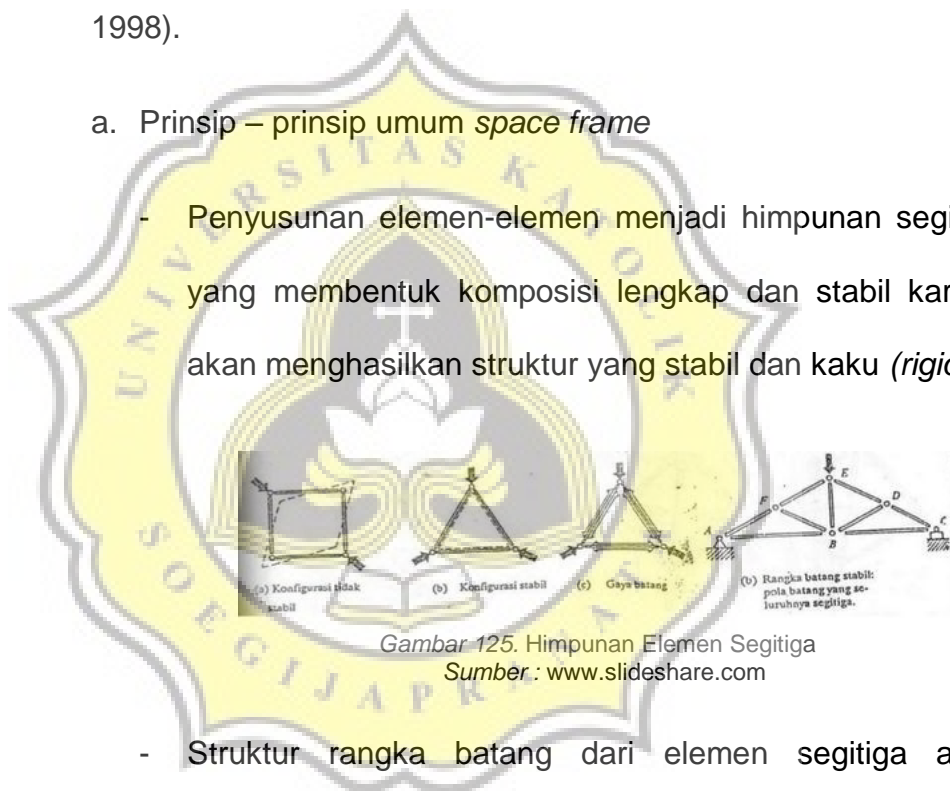
Sistem konstruksi rangka dengan suatu sistem sambungan antara batang / member satu sama lain yang menggunakan bola / *ball joint* sebagai sendi penyambungan dalam bentuk modul-modul segitiga agar mudah dipasang, dibentuk, dan dibongkar kembali.

Sistem konstruksi berupa komposisi dari batang-batang yang masing-masing berdiri sendiri, memikul gaya tekan dan gaya tarik yang sentris dan dikaitkan satu sama lain dengan sistem keruangan atau tiga dimensi. (Siswoyo, 2008)

Bentuk *space frame* dikembangkan dari pola grid dua lapis (*double-layer grids*), dengan batang-batang yang menghubungkan titik-titik grid secara tiga dimensional (Frick, 1998).

a. Prinsip – prinsip umum *space frame*

- Penyusunan elemen-elemen menjadi himpunan segitiga yang membentuk komposisi lengkap dan stabil karena akan menghasilkan struktur yang stabil dan kaku (*rigid*).



Gambar 125. Himpunan Elemen Segitiga  
Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

- Struktur rangka batang dari elemen segitiga akan semakin efektif dan efisien jika struktur tersebut menjadi rangkaian yang meruang (3 dimensi).
- Penahan gaya tarik dan gaya tekan diharapkan tidak melentur.
- Bentuk segitiga dapat menahan gaya-gaya eksternal dari berbagai vektor arah sehingga efisien dalam menahan tegangan tekuk (*buckling*), sangat efisien dan teratur

apabila sistem sambungan memiliki kemiringan vektor  $45^\circ - 60^\circ$ .

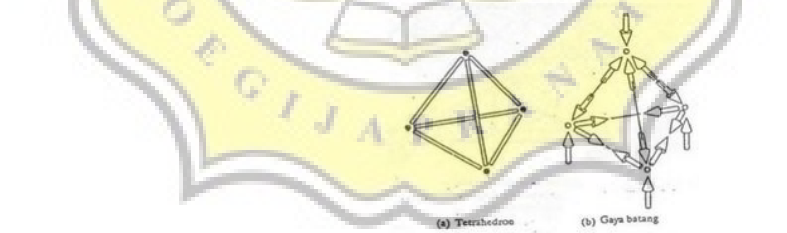
- Struktur *space frame* tidak membedakan batang utama (mayor) dan batang pendukung (minor).
- Penanganan terhadap tegangan tekuk dapat diterapkan dengan metoda yang mudah dan efisien.



Gambar 126. Penanganan Tegangan Tekuk  
Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

b. Prinsip mekanik

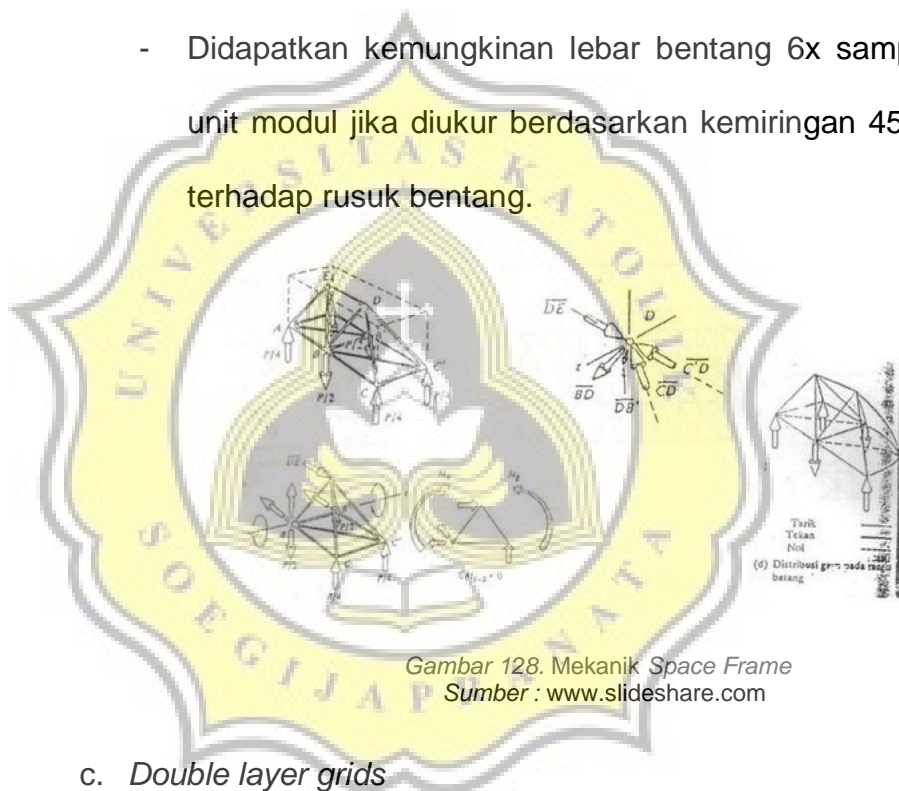
- Bentuk dasar rangka ruang adalah tetrahedron yang susunannya dapat berulang apabila bentangan struktur rangka diperlebar.



Gambar 127. Rangka Ruang  
Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

- Kumpulan segitiga dengan sistem meruang menerima gaya-gaya berbagai sumbu koordinat melalui titik-titik kumpul yang terdiri atas gaya batang dan beban eksternal.

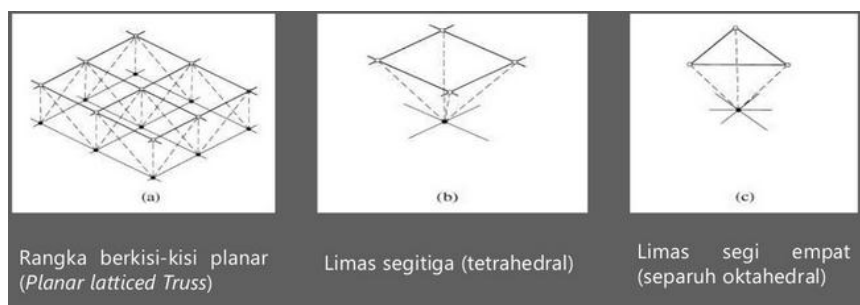
- Cara kerja mekanik *space frame* dengan mereaksikan setiap gaya (yang sama maupun beda arahnya) hingga saling meniadakan ( $\Sigma F=0$ ;  $\Sigma M=0$ ), termasuk jika ada segmen yang lebih panjang.
- Resultan gaya tiap-tiap sumbu ( $\sigma F_x$ ;  $\sigma F_y$ ;  $\sigma F_z$ ) harus bernilai 0 untuk menjaga keseimbangan rotasional dan translasional.
- Didapatkan kemungkinan lebar bentang 6x sampai 36x unit modul jika diukur berdasarkan kemiringan  $45^\circ - 60^\circ$  terhadap rusuk bentang.



Gambar 128. Mekanik Space Frame  
 Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

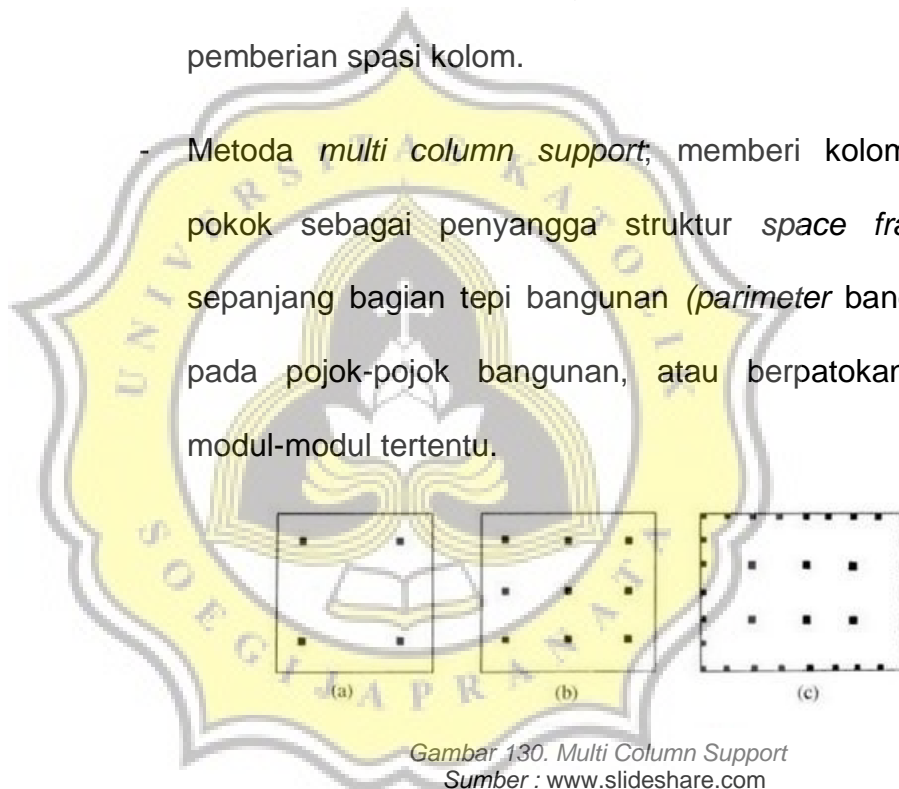
c. *Double layer grids*

Merupakan sistem grid *space frame* yang dalam bentukannya menghasilkan dua permukaan bidang yaitu pada bagian atas dan bagian bawah dari struktur *space frame*. *Double layer grids* terbentuk melalui 3 macam bentuk dasar antara lain:



Dukungan struktural *double layer grids* yaitu:

- Dukungan sepanjang tepi (*perimeter*); metoda ini banyak digunakan pada berbagai lokasi. Dukungan terhadap *double layer grids* langsung dialirkan ke kolom atau pada cincin balok yang menghubungkan kolom dengan dinding luar. Ukuran modul dari grid harus dicocokkan dengan pemberian spasi kolom.
- Metoda *multi column support*; memberi kolom-kolom pokok sebagai penyangga struktur *space frame* di sepanjang bagian tepi bangunan (*perimeter* bangunan), pada pojok-pojok bangunan, atau berpatokan pada modul-modul tertentu.

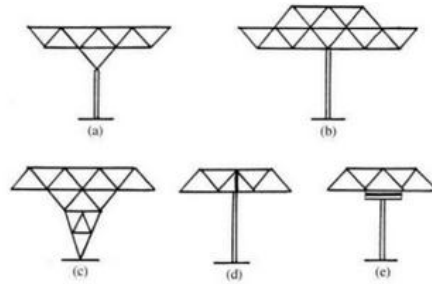


Gambar 130. Multi Column Support  
Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

- Memadatkan sistem *space frame* dengan mempertebal komposisi *framing* lebih kompleks pada bagian yang bebas (kurang mendapat sokongan dari kolom penyangga) atau membuat sistem penyangga memiliki jangkauan sokongan yang lebih luas (dengan membuat sistem *framing* lebih kompleks pada bagian penyangga atau membuat balok penyangga pada puncak kolom



yang bersambungan langsung dengan sistem *space frame*).



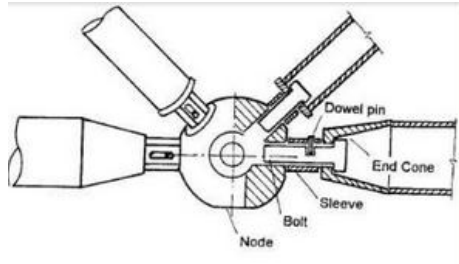
Gambar 131. Supporting Collumn  
Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

#### d. Ragam sambungan struktur *space frame*

##### - Sistem Mero

- Sistem sambungan ini terdiri dari sebuah benda yang berfungsi sebagai titik sambung dari baja press (*hot pressed steel*) ditempa dengan permukaan-permukaan gosok dan lubang-lubang tepuk. Batang-batang (*member*) merupakan potongan baja *hollow* dengan baja tempaan berbentuk kerucut yang dilas pada pinggirannya yang dibuat sambungan (*bolt*) pasang yang dapat dilepas. Sambungan (*bolt*) dirapatkan menggunakan pin pengunci (*dowel pin*) yang sudah ditata secara rapi.
- Hingga 18 batang *member* yang dapat disambungkan melalui sistem sambungan ini secara seragam.
- Pabrik dapat menghasilkan sambungan ini dengan kisaran diameter dari 46,5 – 350 mm, kemungkinan

bentangan berkisar antara M12 – M64 dengan batas penanganan gaya maksimum 1413 kN.

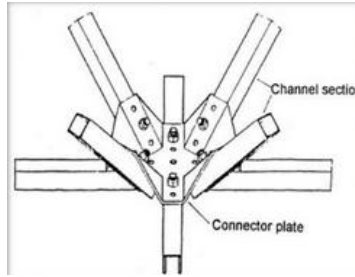


Gambar 132. Sambungan Mero  
Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

#### - Sistem Unistrud

- o Sistem sambungan ini terdiri dari plat penghubung yang merupakan plat baja press.
- o Hanya terdiri atas 4 komponen yaitu plat konektor, *strud*, sambungan (*bolt*), dan *nut*.
- o Batang-batang *member* merupakan potongan batang yang dibuat untuk fungsi lubang saluran dan diikat oleh plat konektor dengan menggunakan sambungan tunggal pada masing-masing ujungnya.

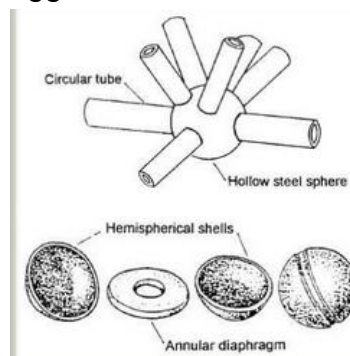
- Bentangan maksimal untuk sistem ini sekitar 40 m dengan standart modul 1,2 sampai 1,5 m.



Gambar 133. Sambungan Unistrud  
Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

- Sistem Oktaplat

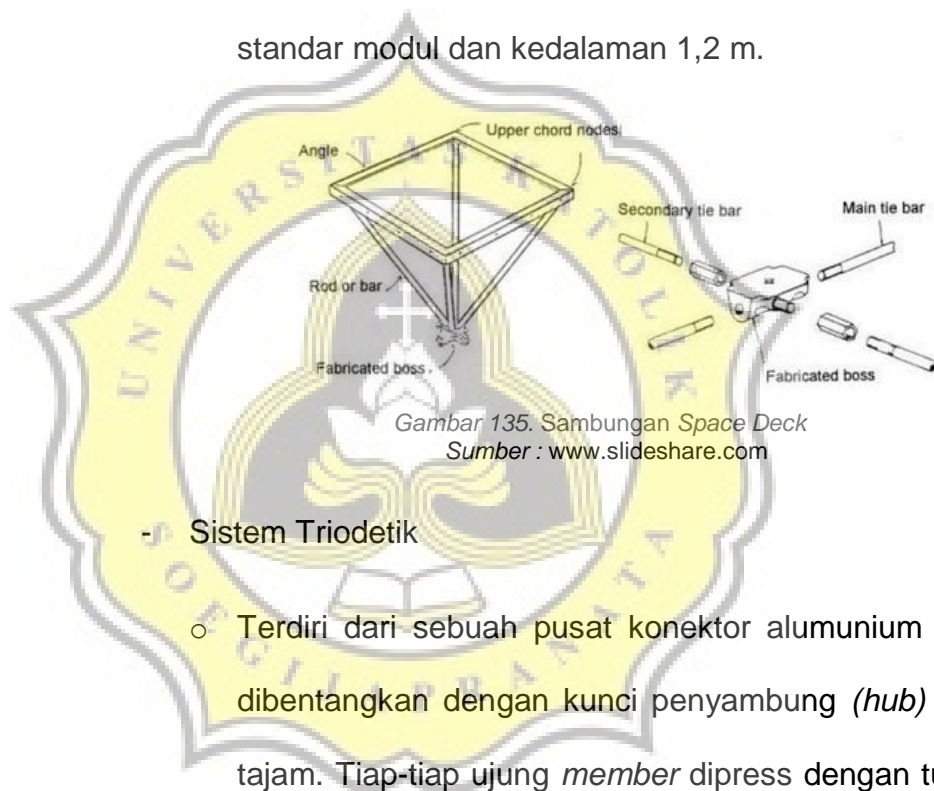
- Memanfaatkan material bola baja *hollow* dan batang *member silinder* yang disambungkan dengan sistem las. Titik sambung dari hasil penyambungan las dua cangkang setengah bola secara bersamaan yang terbuat dari plat baja baik melalui sistem press panas maupun dingin.
- Bola baja *hollow* dapat diperkuat dengan semacam diafragma tahunan.
- Bola *hollow* sudah pernah digunakan dengan diameter hingga 500 mm.



Gambar 134. Sambungan Oktaplat  
Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

- Sistem *Space Deck*

- o Empat diagonalnya dibuat dari tiang tangkai atau batang yang dihubungkan dengan sistem las pada pojok-pojok dari sudut rangkanya dan dihubungkan pada suatu bagian yang menempati puncak struktur.
- o Sistem *space deck* umumnya digunakan untuk bentangan yang lebih kurang dari 40 m dengan suatu standar modul dan kedalaman 1,2 m.



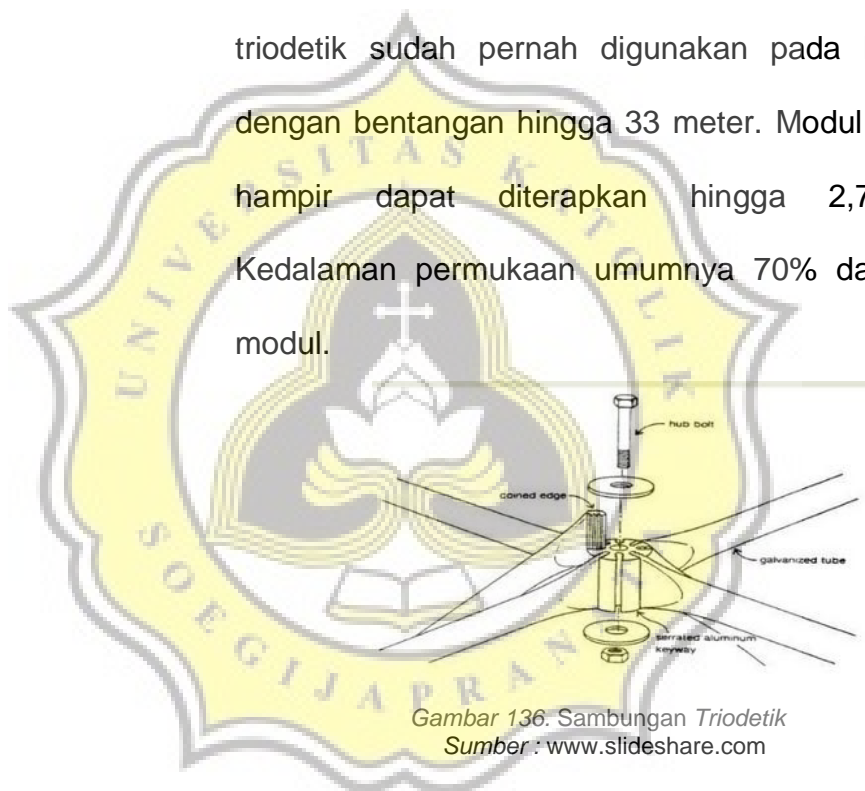
Gambar 135. Sambungan *Space Deck*  
Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

- Sistem Triodetik

- o Terdiri dari sebuah pusat konektor alumunium yang dibentangkan dengan kunci penyambung (*hub*) yang tajam. Tiap-tiap ujung *member* dipress dengan tujuan untuk membentuk suatu pinggir berbentuk koin yang cocok untuk dihubungkan dengan kunci penyambung.
- o Sambungan selesai ketika seluruh batang *member* sudah dimasukkan pada pusat konektor (*hub*), *washer* diletakkan pada tiap-tiap ujung dari pusat konektor

(*hub*), dan sebuah baut ditancapkan pada pusat konektor (*hub*).

- Murni menggunakan material alumunium dan diluruskan menggunakan tabung baja yang digalvanisasikan dan penghubung alumunium (*alumunium hub*).
- Sistem *double layer* yang menggunakan sambungan triodetik sudah pernah digunakan pada bangunan dengan bentangan hingga 33 meter. Modul dasarnya hampir dapat diterapkan hingga 2,7 meter. Kedalaman permukaan umumnya 70% dari ukuran modul.



Gambar 136. Sambungan Triodetik  
Sumber : [www.slideshare.com](http://www.slideshare.com)

## 5.2.2 Studi Preseden

### a. Khan Shatyr Project



Gambar 137. Façade Khan Shatyr  
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)

Bangunan “Khan Shatyr Entertainment Center” merupakan bangunan bentuk tenda transparan terbesar yang ada di Astana Ibukota Kazakhtan. Bangunan ini dibangun diatas lahan  $\pm$  100.000 m<sup>2</sup>. Bangunan ini diresmikan pada tanggal 9 Desember 2006.

Bangunan ini difungsikan sebagai tempat wisata *indoor* dan dilengkapi dengan fasilitas hiburan, toko-toko, dan area untuk acata dan pameran. Bangunan ini di desain dengan 2 level lantai yang membentuk teras bergelombang dengan bagian paling atas digunakan sebagai wahana bermain air. Bangunan ini di desain oleh seorang arsitek profesional dan terkenal yaitu Norman Foster dan Mike Cook.





Gambar 138. Interior Khan Shatyr  
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)



Gambar 139. Interior Khan Shatyr  
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)

Astana, Ibukota Kazakhtan terletak pada sisi timur kota Kazakhtan dan memiliki suhu  $-35^{\circ}\text{C}$  di musim dingin dan  $35^{\circ}\text{C}$  di musim panas. Oleh karena itu, Foster merancang bangunan yang ada di pusat kota yang dapat memberikan berbagai fasilitas umum, budaya, dan sosial yang terlindung dalam suatu ruangan dan menawarkan iklim mikro yang nyaman sepanjang tahun, apapun cuacanya.

Struktur bangunan ini memiliki 150 meter dengan dasar 200 x 195 meter berbentuk elips dan merupakan salah satu puncak tertinggi di langit Astana dan fokus dari bangunan Khan Shatyr ini adalah hiburan.

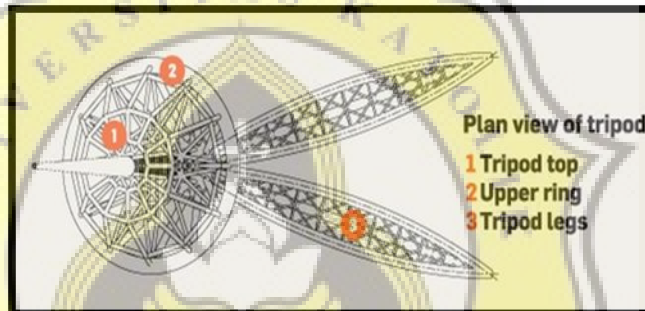


Gambar 140. Tripod Structure  
Sumber : [www.constructionweekonline.com](http://www.constructionweekonline.com)

Konstruksi pertama dilakukan pada tahun 2006 dan dibuka pada tanggal 5 Juli 2010. Tinggi bangunan ini sekitar 150 meter.



Gambar 141. Tripod Penyangga Bangunan  
Sumber : [www.constructionweekonline.com](http://www.constructionweekonline.com)



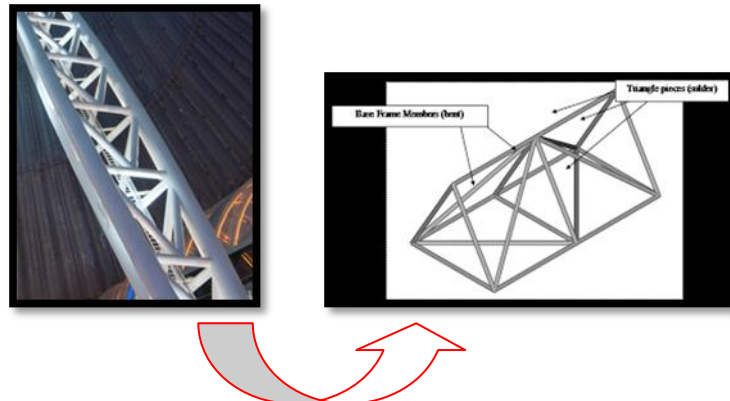
Gambar 142. Denah Tripod  
Sumber : [www.constructionweekonline.com](http://www.constructionweekonline.com)



Gambar 143. Awal Konstruksi  
Sumber : [www.constructionweekonline.com](http://www.constructionweekonline.com)

Tripod sebagai struktur ini terbuat dari material baja dengan space frame structure sebagai strukturnya. Jenis pola space frame ini

adalah triangular space frame. Setiap kaki tripod 70 meter berat 211,5 ton.



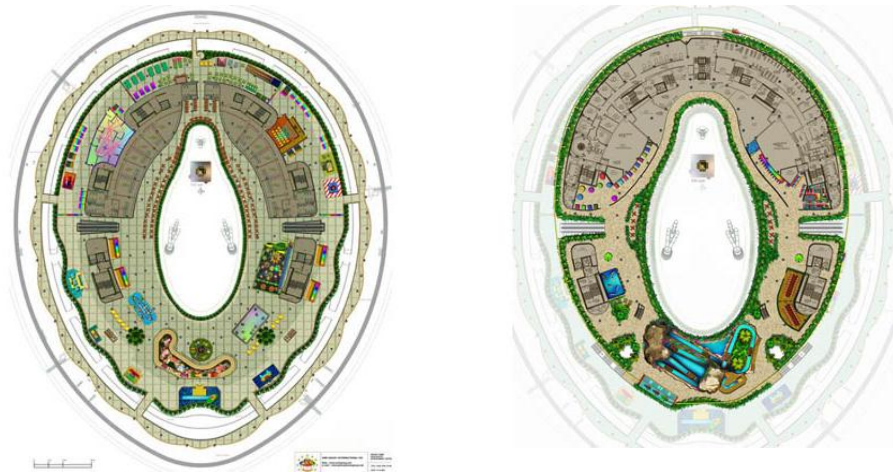
Gambar 144. Detail Tripod Penyangga Bangunan  
Sumber : [www.constructionweekonline.com](http://www.constructionweekonline.com)

Bangunan ini menggunakan cable structure system sebagai struktur utamanya dan dikombinasikan dengan membrane structure system. Kabel yang digunakan menggunakan kabel baja yang tiis dan ringan. Penutup bangunan ini menggunakan ETFE.

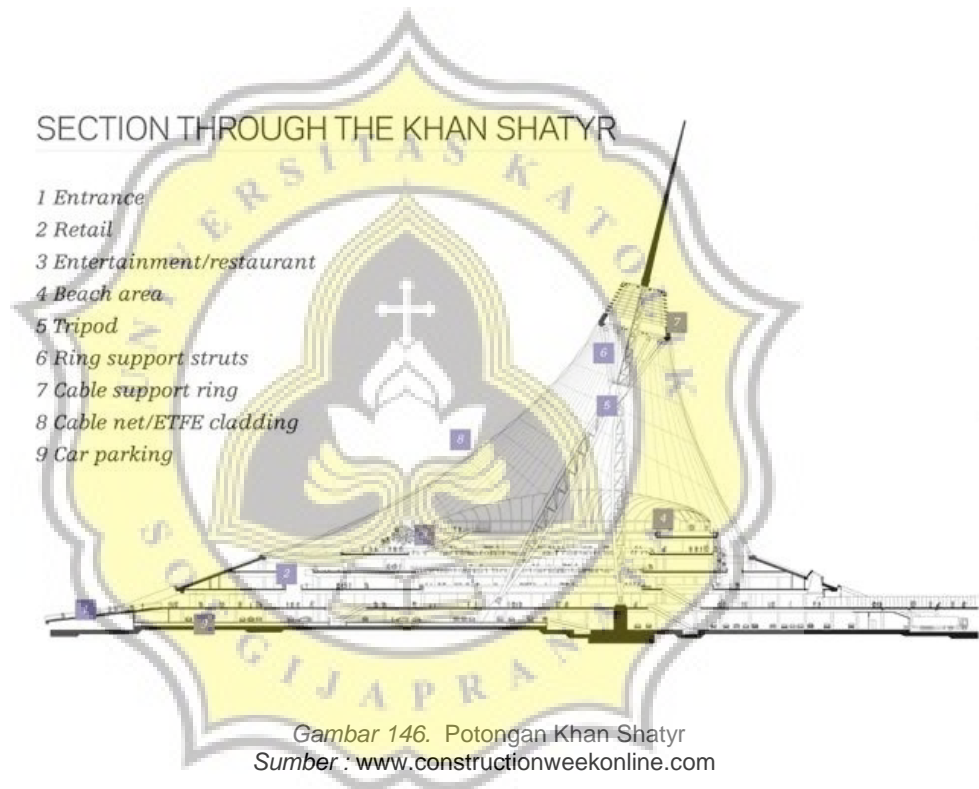
Karena sifat cable structure sebagai struktur yang tegang, maka seluruh atap dirancang untuk bergerak mengikuti angin dan salju. Beban akan dikenakan pada seluruh struktur sehingga akan bergerak tetapi dalam jumlah yang cukup kecil.

Struktur tripod didukung oleh tabung baja. Kabel melingkar yang membentuk jaring dibentangkan antara cincin atas bangunan dan balok beton yang menjadi dasar bangunan, ini bertujuan untuk melingungi atap dari beban atap sendiri dan beban salju ketika turun di daerah ini.





Gambar 145. Denah Khan Shatyr  
 Sumber : [www.constructionweekonline.com](http://www.constructionweekonline.com)



Gambar 146. Potongan Khan Shatyr  
 Sumber : [www.constructionweekonline.com](http://www.constructionweekonline.com)

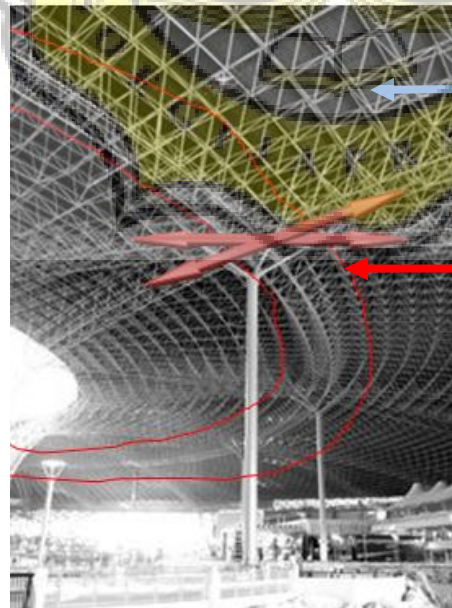


Gambar 147. Perspektif Khan Shatyr  
Sumber : [www.constructionweekonline.com](http://www.constructionweekonline.com)

b. *Ferrari World Theme Park*

Berada pada Negara dengan iklim extreme, tentu sangat mempengaruhi stabilitas bangunan, terutama pada segi kekuatan pondasi pada Ferrari World. Berada pada iklim tropis yang diterpa panas sepanjang hari, dengan badai pasir yang kadang datang, malam hari dengan suhu yang dingin (kering) di Abu Dhabi, UEA, membuat perencana membuat penyelesaian struktur sebagai berikut

Sistem struktur utama terdiri atas sistem *double layer grid space frame* dual layer dengan *subdivision*, berbentuk *octahedron*, dan *planar latticed*, dengan material baja berbentuk lingkaran, dengan perkiraan diameter 3,5 – 5 inci.

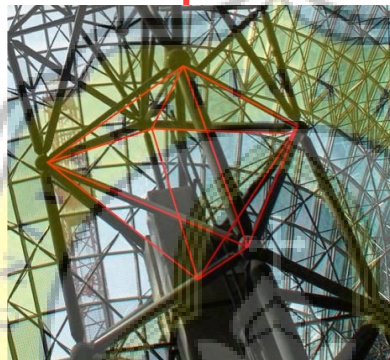
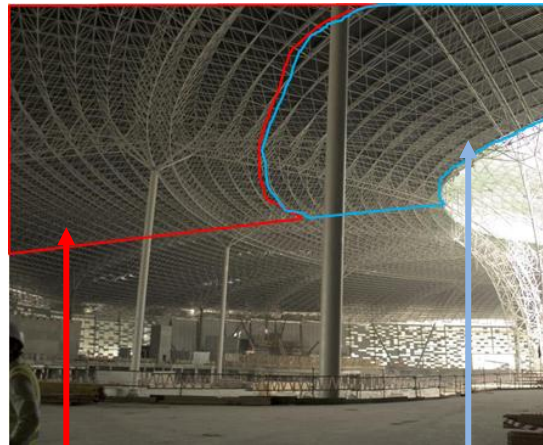


Sistem *space frame* seluruh bagian

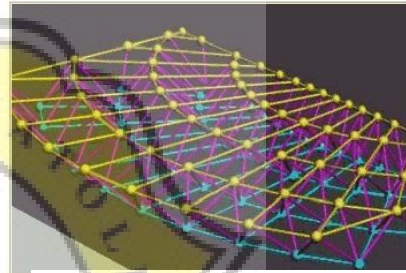
Sistem penopang *space truss* sebagai pembantu struktur utama (tanda panah merah)

Gambar 148. *Space Frame* Bangunan  
Sumber : [mero.de/index/36yas-isladn-abu-dhabi.html](http://mero.de/index/36yas-isladn-abu-dhabi.html)

Geometrical subdivision pada ferrari world



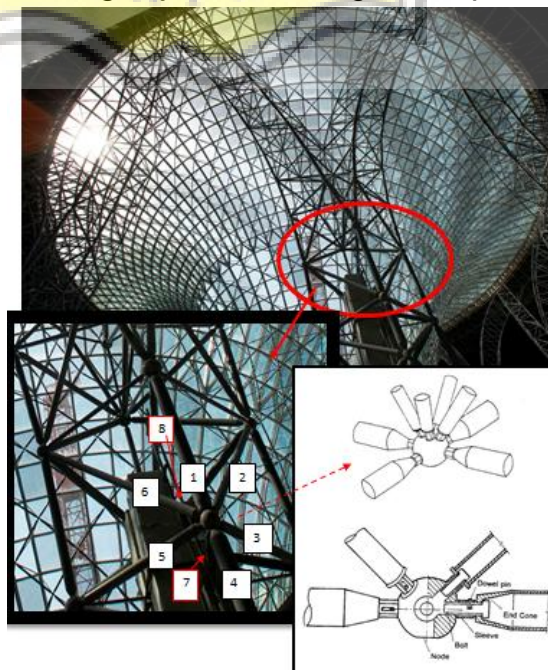
Bentuk Octahedron



Bentuk Planar Latticed

Gambar 149. Geometrical Subdivision  
Sumber : mero.de/index/36yas-isladn-abu-dhabi.html

Sistem sambungan dengan *mero system* yang digabungkan dengan *ball joint*, dengan jenis sambungan *octaplate*.





Gambar 150. Sistem Sambungan  
Sumber : mero.de/index/36yas-isladn-abu-dhabi.html

Sistem kolom dibagi menjadi dua yaitu:

- Kolom utama berbentuk *space frame*



Kolom utama yang melingkar berfungsi sebagai pusat berakhirnya struktur tengah seperti *core*.

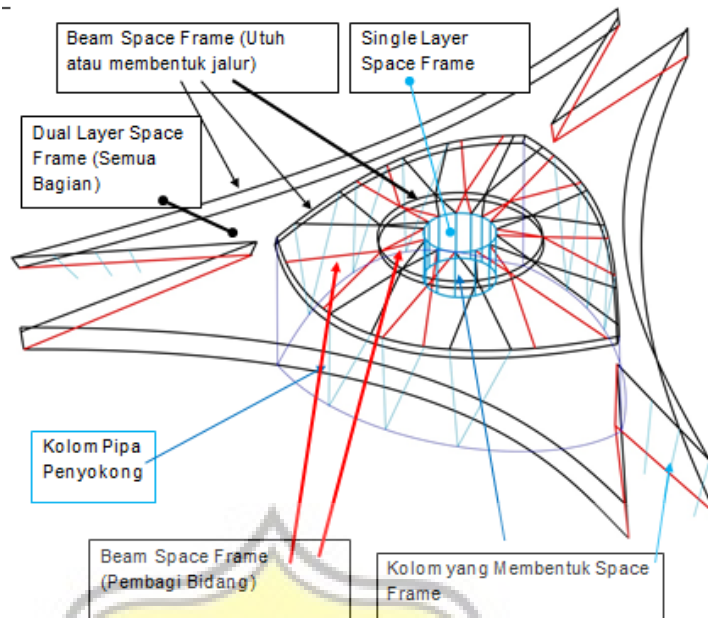
Gambar 151. Space Frame Kolom Utama  
Sumber : mero.de/index/36yas-isladn-abu-dhabi.html

- Kolom penopang (sekunder) berbentuk *pipe*



Gambar 152. Kolom Pipa  
Sumber : mero.de/index/36yas-isladn-abu-dhabi.html

## Hasil analisa struktur

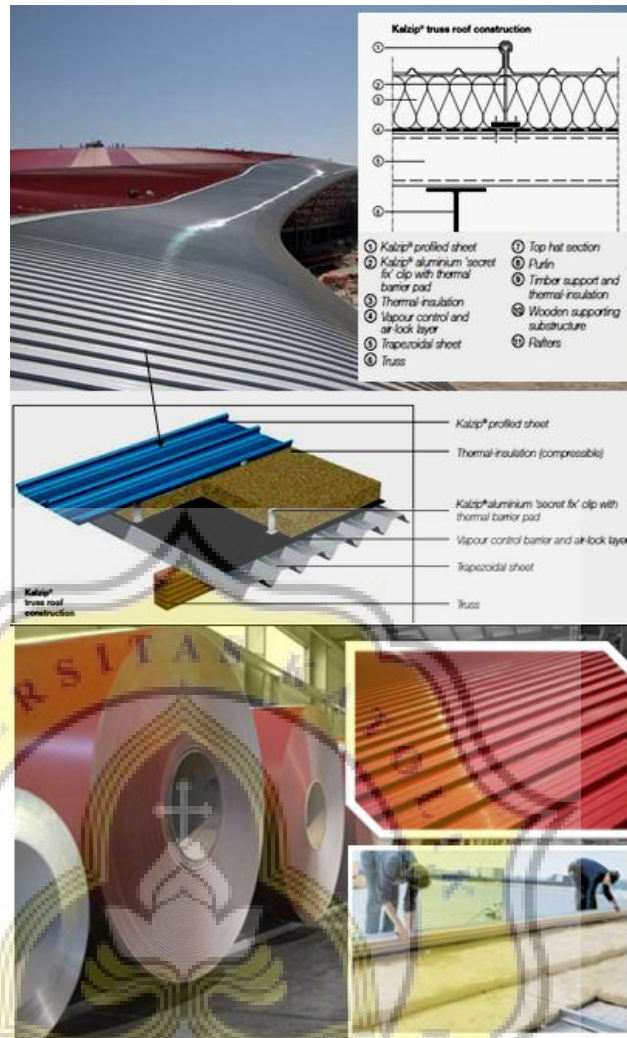


Gambar 153. Struktur Bangunan  
Sumber : analisa pribadi, 2017

Selubung bangunan pada *ferrari world* menggunakan bahan yang tahan terhadap cuaca ekstrem. Tercatat bahwa material yang dipakai adalah kalzip dengan berlapis-lapis bagian.

*Ferrari world theme park*, menerapkan susunan atap dengan sebutan *monocoque roof*, dimana atap jenis ini dipasang lapis demi lapis dan tumpukan demi tumpukan seperti pemasangan pada genting.

Keseluruhan sistem atap menggunakan kalzip dimana sistem kalzip ini adalah satu sistem atap dari lapisan atas hingga lapisan bawahnya sudah terfabrikasi. Atap luarnya sendiri menggunakan *falzinckalzip*.



Gambar 154. Kalzip  
 Sumber : [kalzip.com/kalzip/uk/home/default.aspx?lang=uk](http://kalzip.com/kalzip/uk/home/default.aspx?lang=uk)

Kalzip *coated* dengan sistem fabrikasi yang dilakukan ditempat. Jadi perusahaan kalzip sendiri mengirim berupa bahan-bahan mentah saja dan semua dilakukan di tempat. Terlihat pula pemasangan kalzip dengan isolator.

Proses pemasangan kalzip pada *ferrari world* dibutuhkan waktu yang sangat lama.



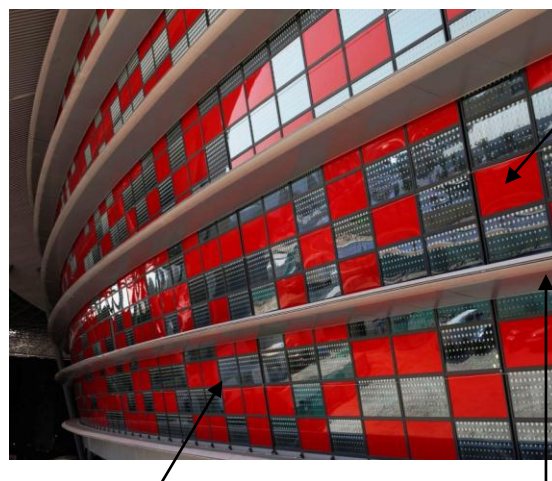
Gambar 155. Ferrari World  
 Sumber : mero.de/index/36yas-isladn-abu-dhabi.html

Ferrari world memiliki lubang ditengah dengan sebutan *funnel* dengan 10.000 m<sup>2</sup> kaca solar control. *Funnel* atau lingkaran tengah dibuat dari material ipasol neutral 48/27 dengan tambahan lapisan dengan desain *iphachrome*.

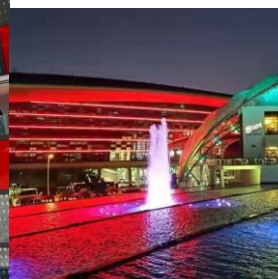


Kaca ipasol neutral memberikan efek clear dan clarity pada area

Kaca iphacrome dengan efek reduksi sinar lebih tinggi.



ACP dengan *finishing* warna merah *gloss* dan *clear gloss*





Ipasol solar control glass dengan lapisan pelindung radiasi seperti kaca pin hole

Ketika malam hari, topi-topi ini diberikan warna merah LED yang menyala.

Gambar 156. Funnel  
Sumber : mero.de/index/36yas-isladh-abu-dhabi.html

### 5.2.3 Kemungkinan Implementasi Teori Permasalahan Dominan

Implementasi teori diterapkan pada proyek untuk menunjang seluruh aktivitas di dalam Museum Antariksa yaitu:

#### a. Kenyamanan visual pengamatan objek pameran

Menurut Julian (2014) sudut pandang ideal untuk melihat objek pameran adalah  $30^\circ$  ke arah atas,  $30^\circ$  ke arah bawah, dan  $30^\circ$  ke arah samping. Hal tersebut dikarenakan pada daerah tersebut merupakan daerah dimana mata kita dapat mengenali warna dan bentuk secara tepat. Hal ini juga akan berpengaruh kepada tinggi ruang media pameran yang disesuaikan dengan tinggi rata-rata orang dewasa dan anak pada setiap dimensi objek pameran.

#### b. Penerapan sistem struktur *advance* pada bangunan

Sistem struktur *advance* yang akan digunakan pada proyek ini adalah penerapan *space frame* sebagai sistem struktur *advance* dikarenakan struktur ini lebih fleksibel dalam berbagai bentuk dan lebih leluasa dalam penataan artefak yang akan dipamerkan pada museum antariksa. Penerapan sistem struktur ini diterapkan dengan beberapa kriteria yaitu:

- Penyusunan elemen-elemen menjadi himpunan segitiga yang membentuk komposisi lengkap dan stabil karena

susunan segitiga akan menghasilkan struktur yang stabil dan kaku (*rigid*).

- Penerapan struktur rangka batang dari elemen segitiga dengan rangkain struktur yang meruang (3 dimensi) sehingga akan semakin efektif dan efisien.
- Penerapan bentuk segitiga dengan sistem sambungan yang memiliki kemiringan  $45^\circ - 60^\circ$  sehingga akan efisien menahan tegangan tekuk (*buckling*).

