

# Struktur Bentang Lebar

Sistem Struktur Bentuk Aktif  
(*Form Active Structural System*):

# Struktur Kubah (*Vault & Dome Structure*)

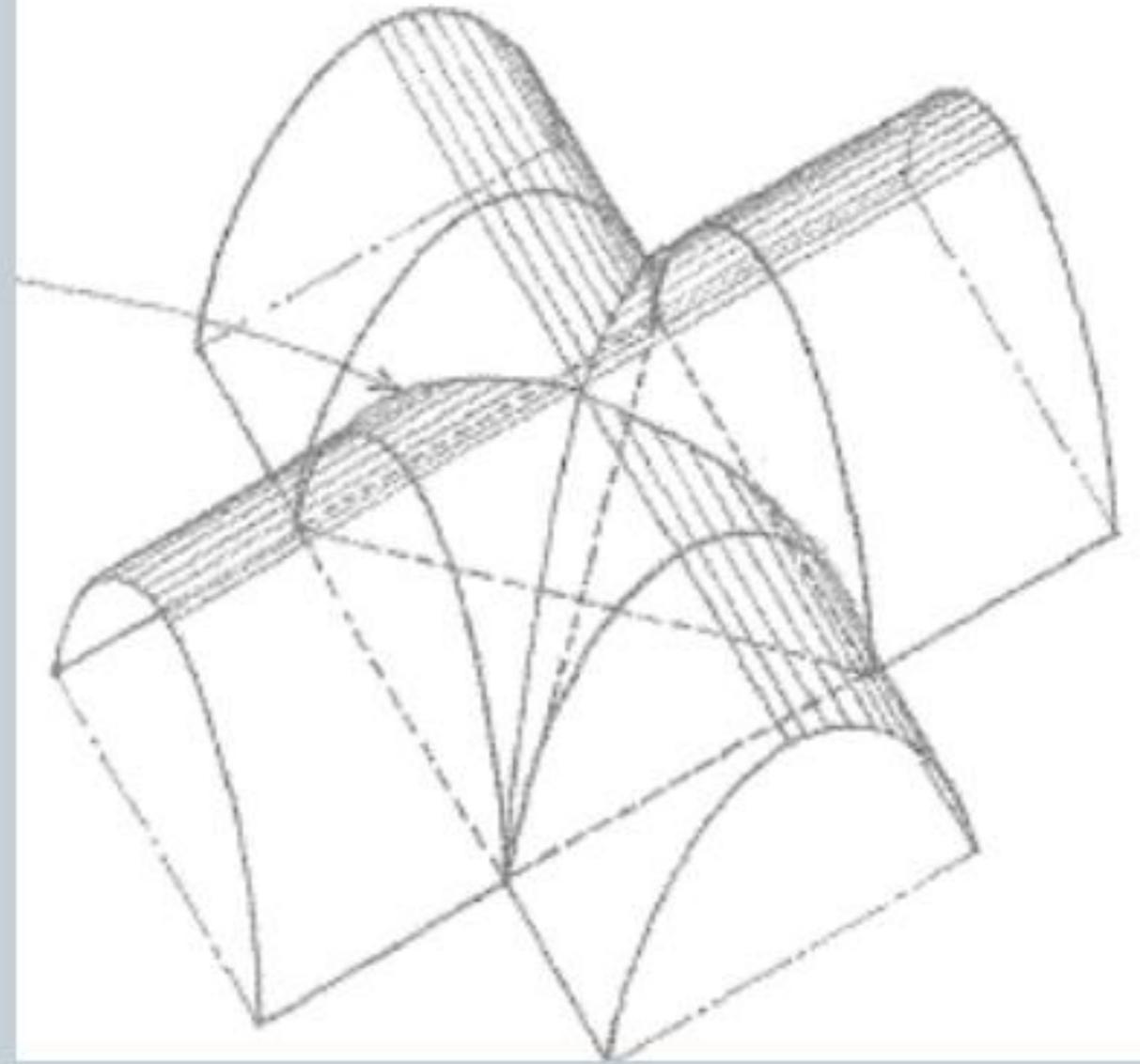
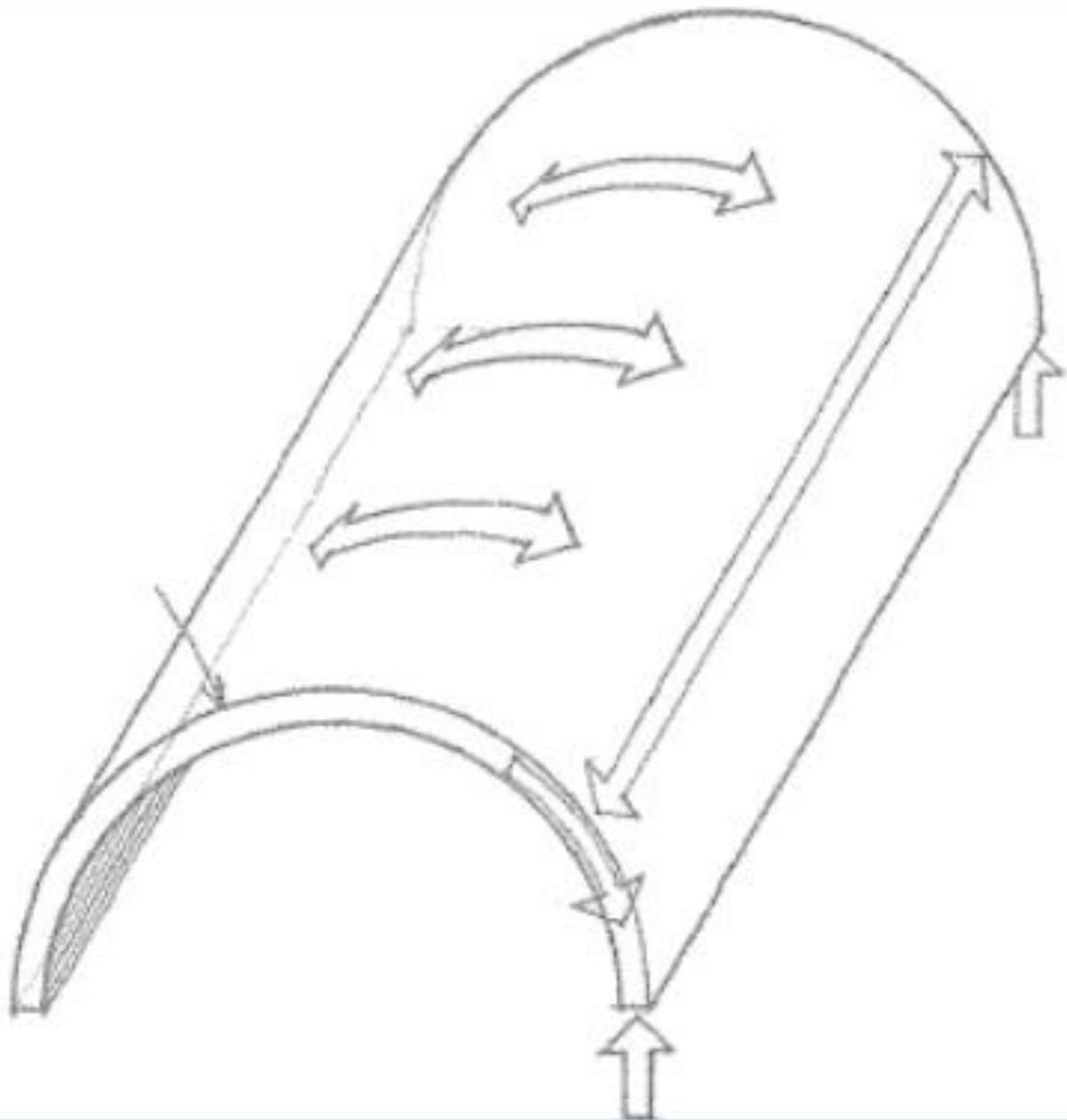
**M. AGUNG WAHYUDI, ST.MT.**

PRODI ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK & INFORMATIKA  
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

# PENGERTIAN

- Vault adalah sebuah struktur arsitektural perpanjangan dari prinsip struktur *Arch* (lengkung), yang kolom-kolomnya terdiri dari beberapa Arch. biasanya terbuat dari bata, batu, beton, dan lainnya. Vault adalah struktur arch yang ditarik menjadi bentuk 3 dimensi.
- Salah satu permasalahan yang timbul adalah adanya gaya dorong ke arah samping atau luar, sehingga dibutuhkan penahan pada tiap ujung Arch, dalam bangunan yang berdiri sendiri diperlukan dinding tebal sebagai penahan beban.
- Ada empat macam konstruksi Vault, yaitu *Barrel Vault*, *Groin Vault*, *Rib Vault*, dan *Fan Vault*. *Barrel Vault*, yang biasa juga disebut *Tunnel Vault*, adalah konstruksi yang umum diterapkan pada bangunan Roma kuno.

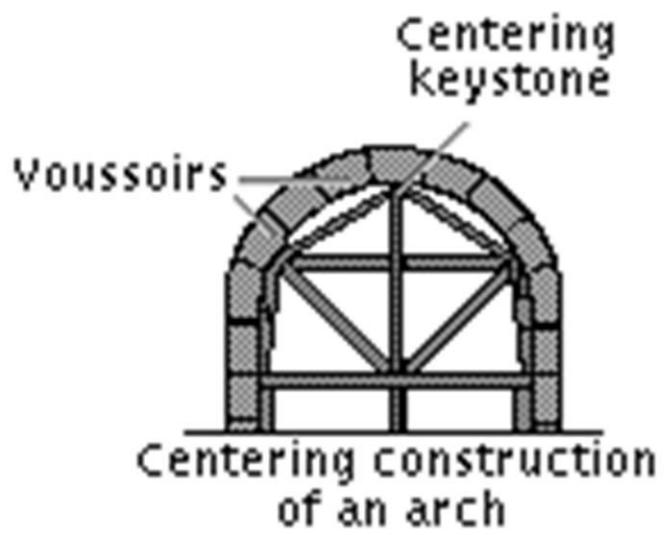
# PENGERTIAN



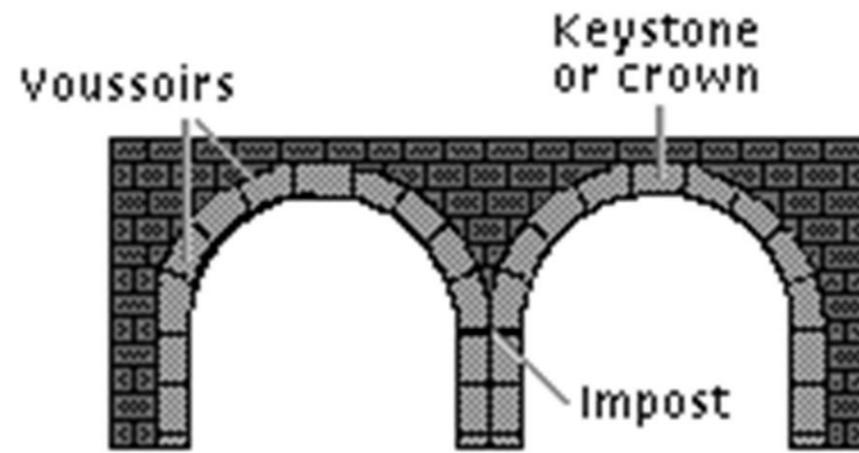
# SEJARAH VAULT

- Struktur vault mulai berkembang ketika masa Mesir kuno, biasanya digunakan untuk saluran air.
- Kemudian Romawi kuno mengadopsi teknik vault dengan menggunakan beton sebagai bahan konstruksi. sehingga tidak ada dorongan luar atau eksternal atau penopang yang perlu diberikan. Jadi vault dapat dengan mudah dipasang di atas ruang yang luas, Rongga terowongan terbentang di antara dua dinding, seperti lengkungan terus menerus.

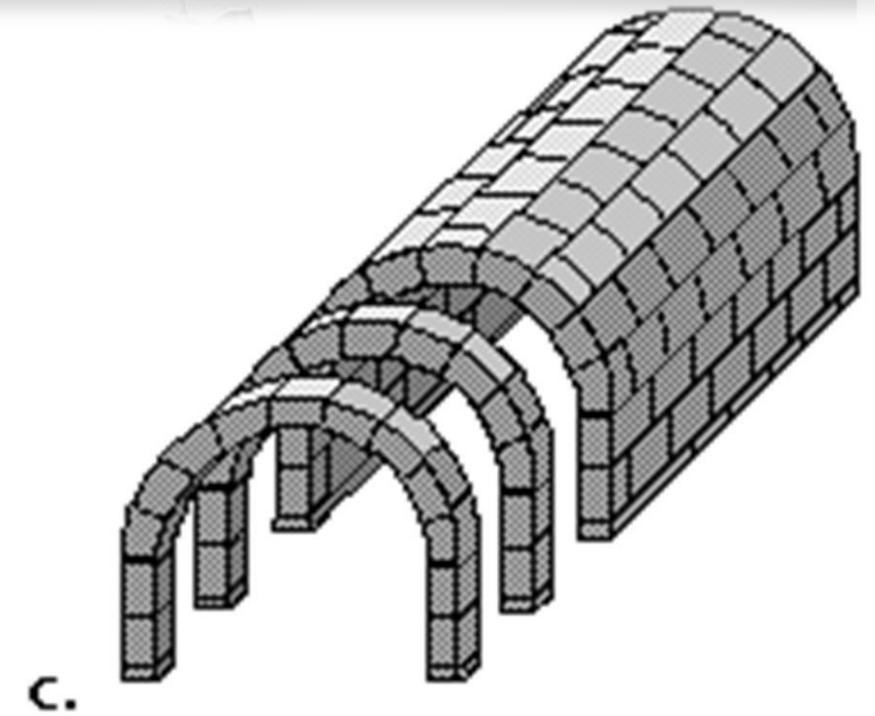
# SEJARAH VAULT



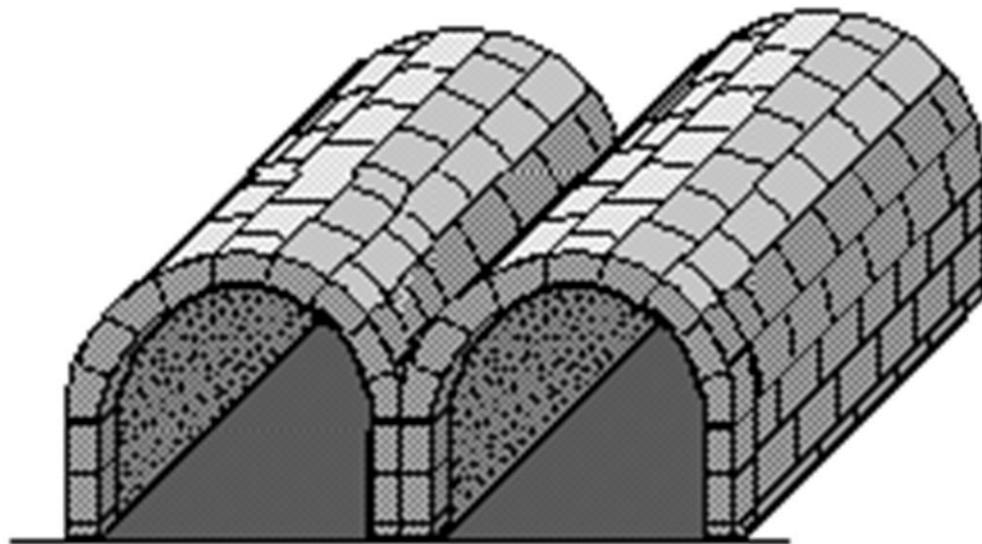
A.



B.

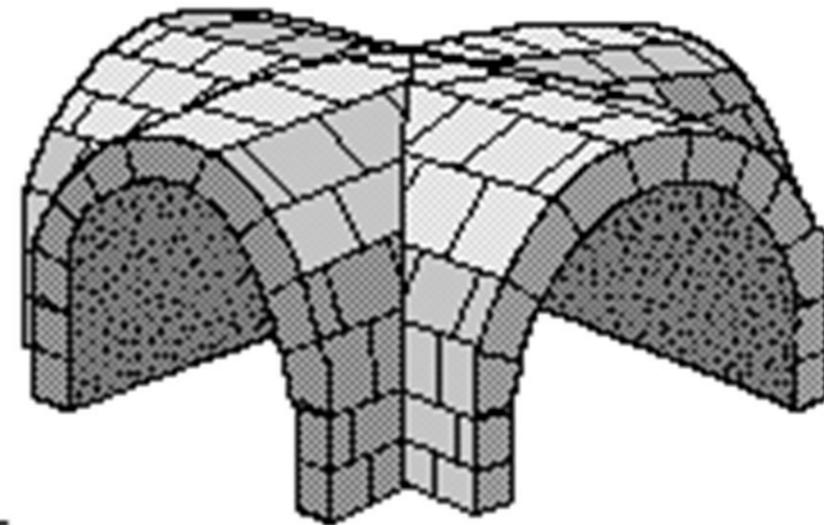


C.



D.

Barrel vault

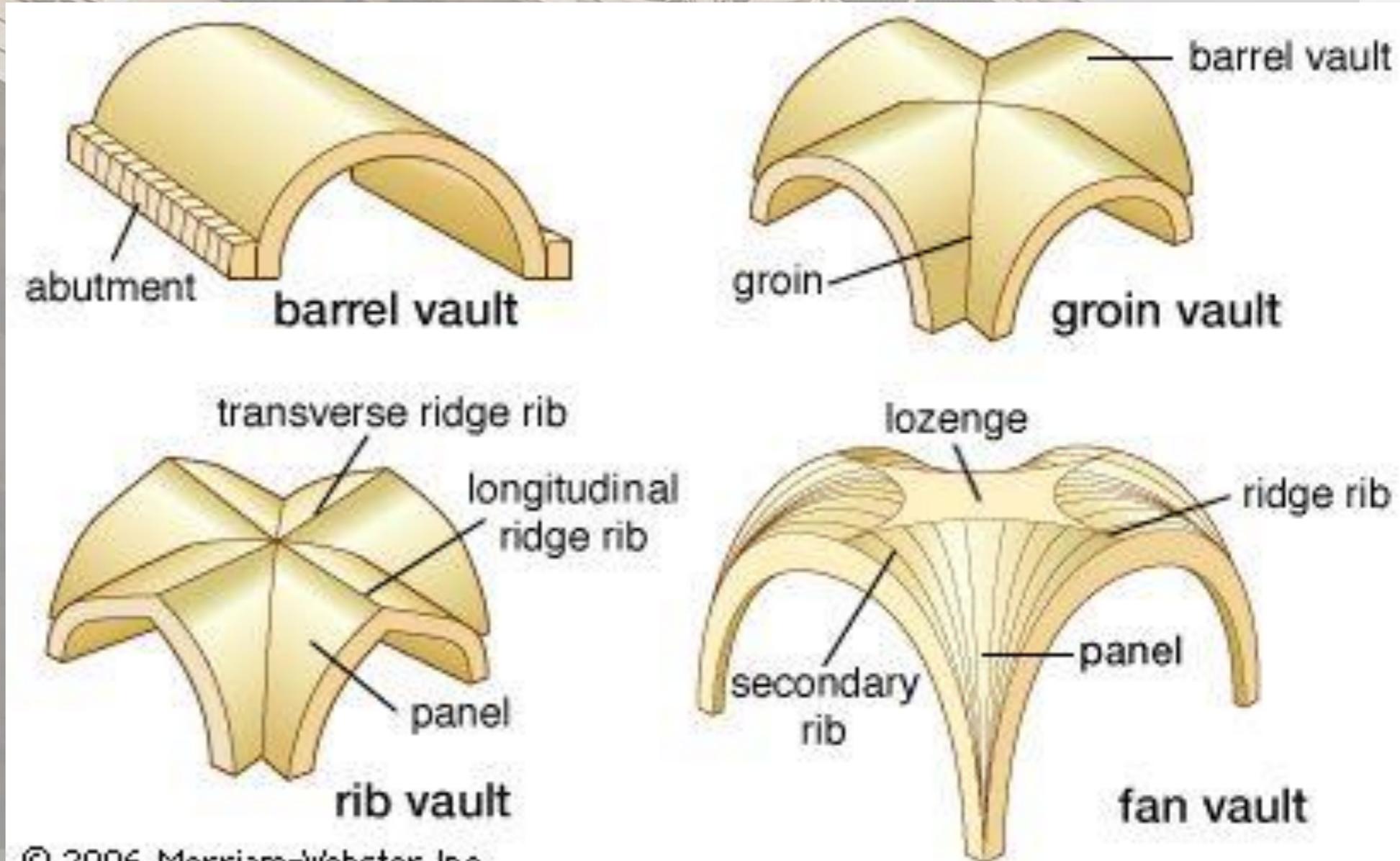


E.

Cross (groin) vault

# JENIS-JENIS VAULT

1. Barrel vault (Tunnel Vault)
2. Pitched brick barrel vault
3. Groin vault
4. Rib vault (Cross Vault)
5. Fan vault



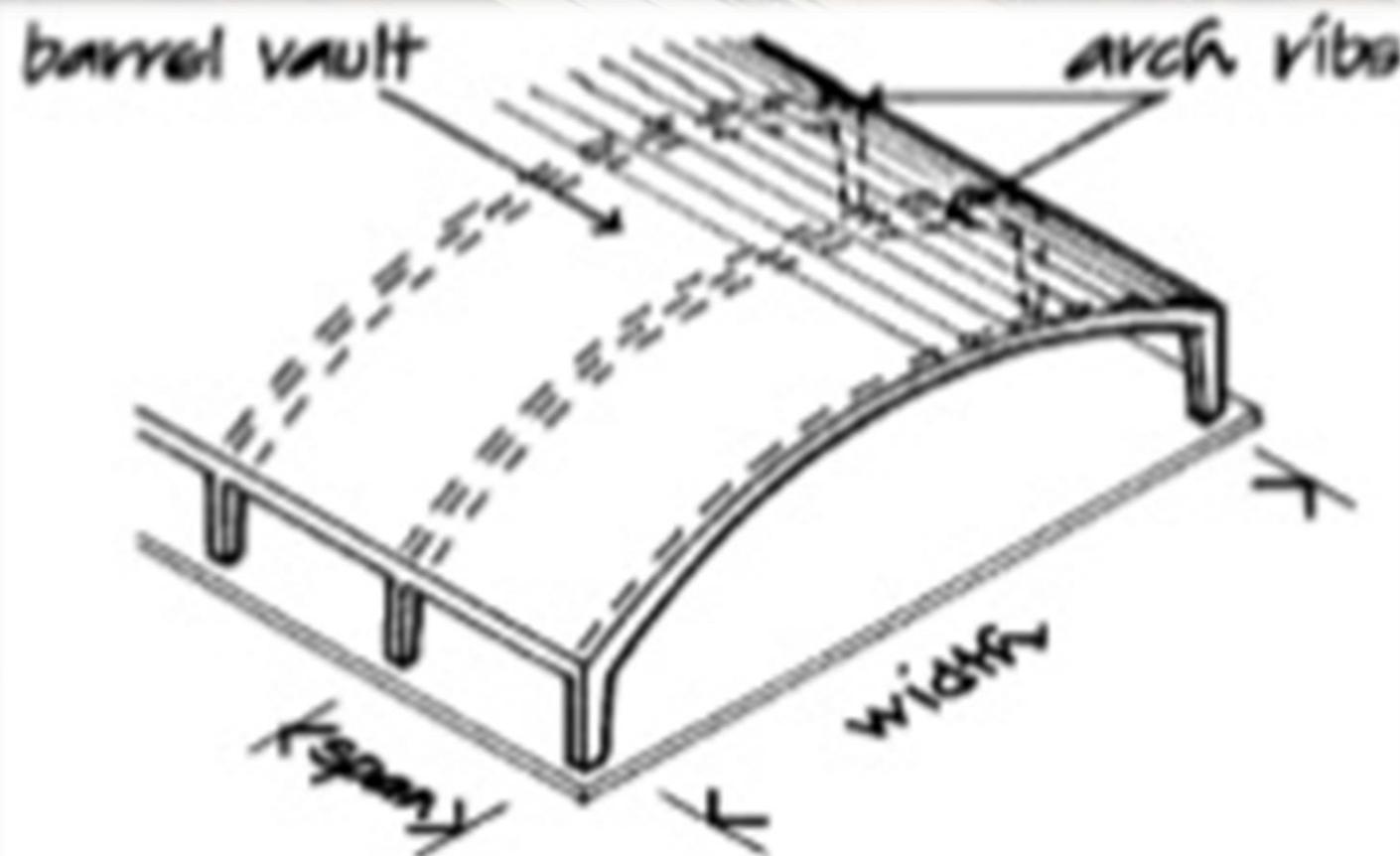
# I. BARREL VAULT

Adalah vault yang dibentuk dari kurva tunggal yang dipanjangkan pada jarak tertentu.

Ada 2 macam barrel vault:

## *a. Short Span Barrel Vault*

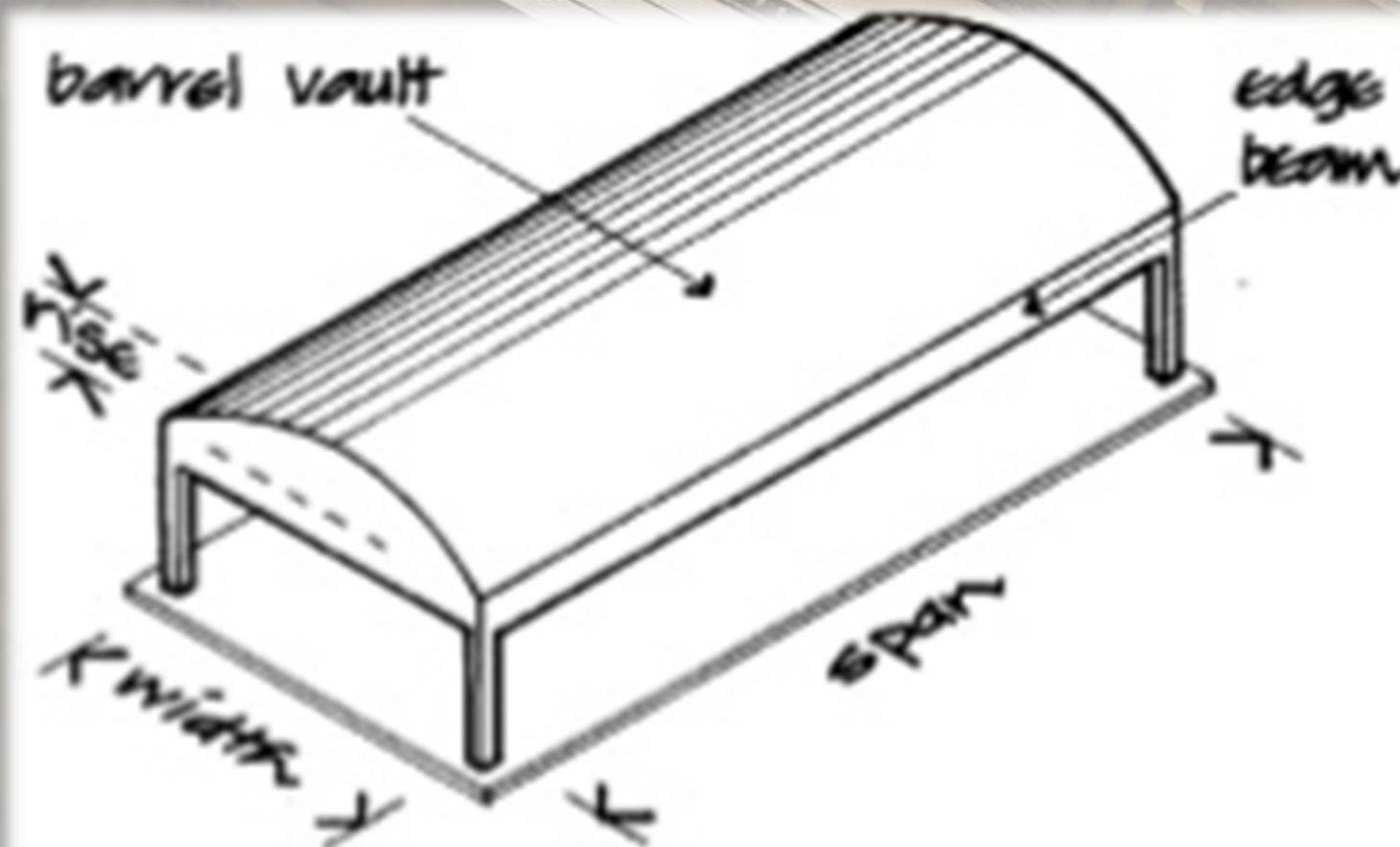
Yaitu *barrel vault* yang rentang antar kolomnya lebih kecil daripada bentang *arch*-nya. Pada jenis ini ada rusuk-rusuk yang menghubungkan antar *arch*/lengkungnya.



# I . BARREL VAULT

## *b. Long Span Barel Vault*

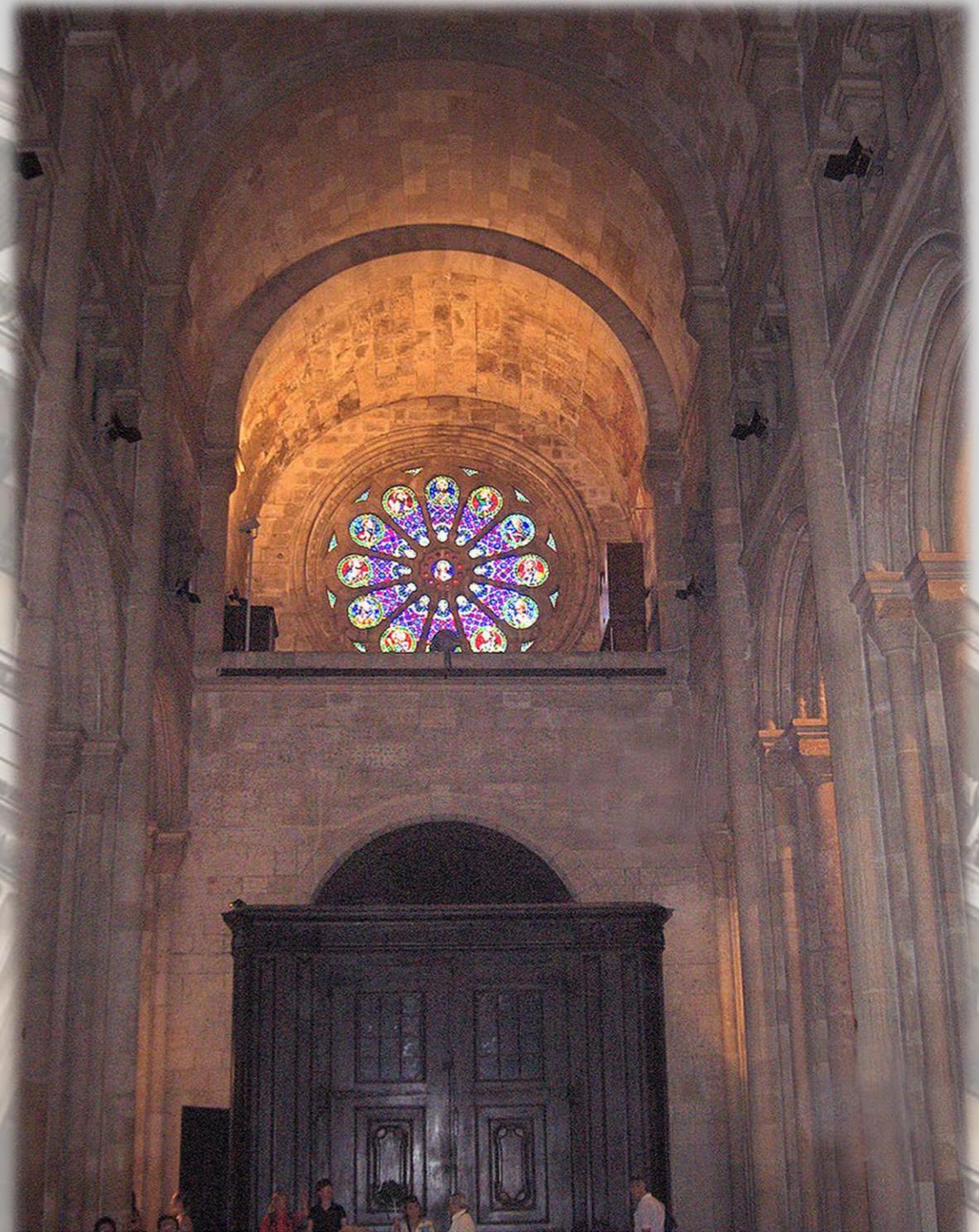
Yaitu *barrel vault* yang rentang antar kolomnya nya melebihi bentangnya. Kekuatan vault jenis ini tergantung pada lengkungan kurva sehingga rentangnya membujur terhadap lebar bentang *arch*-nya. Rentang *vault* jenis ini antara 10-30 m dengan bentang *arch* sekitar separuhnya dan ketinggian kurva lengkung *arch*  $\frac{1}{5}$  dari lebar bentang *arch*.



# CONTOH BARREL VAULT



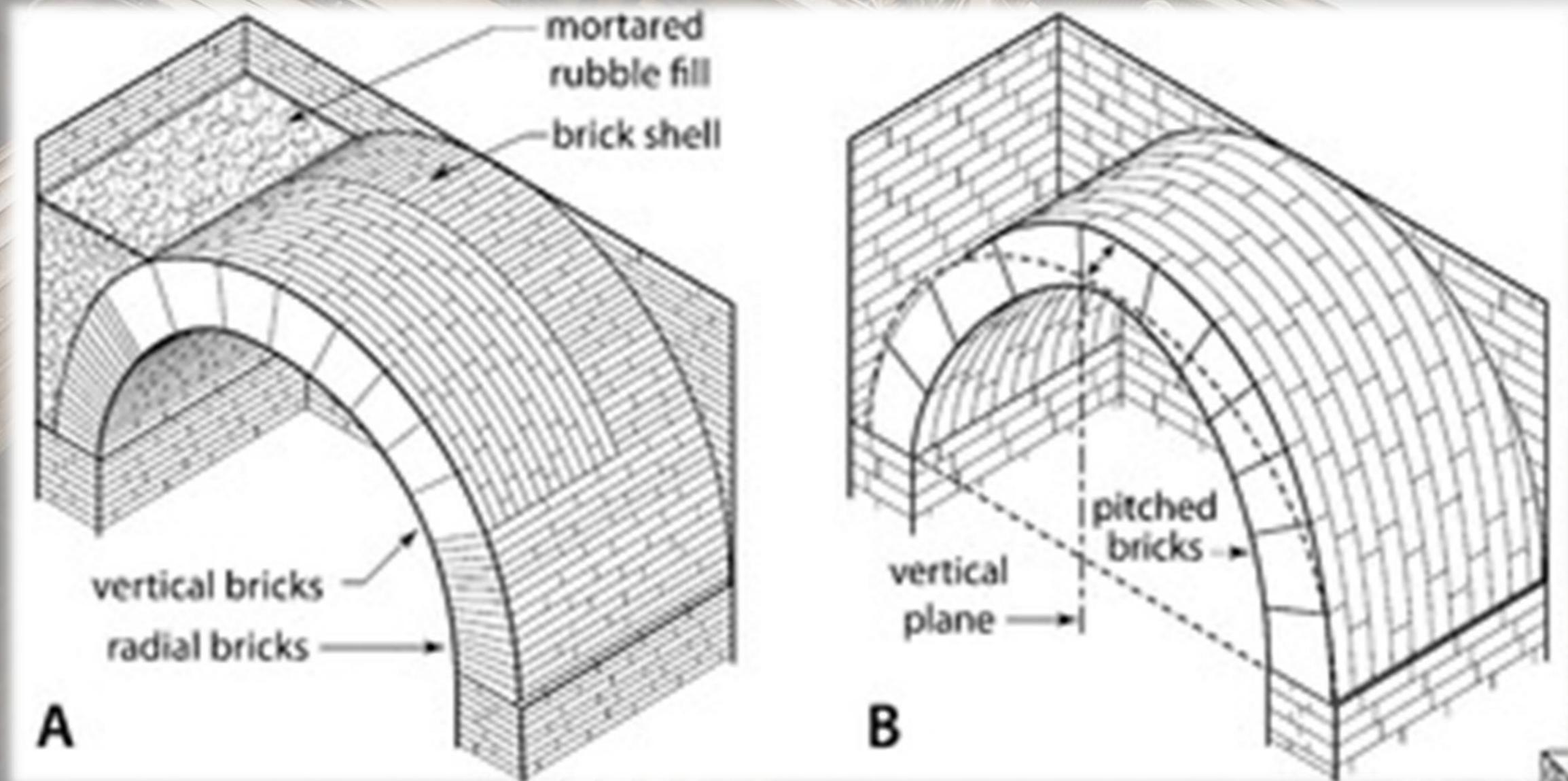
THE CLOISTER, NYC



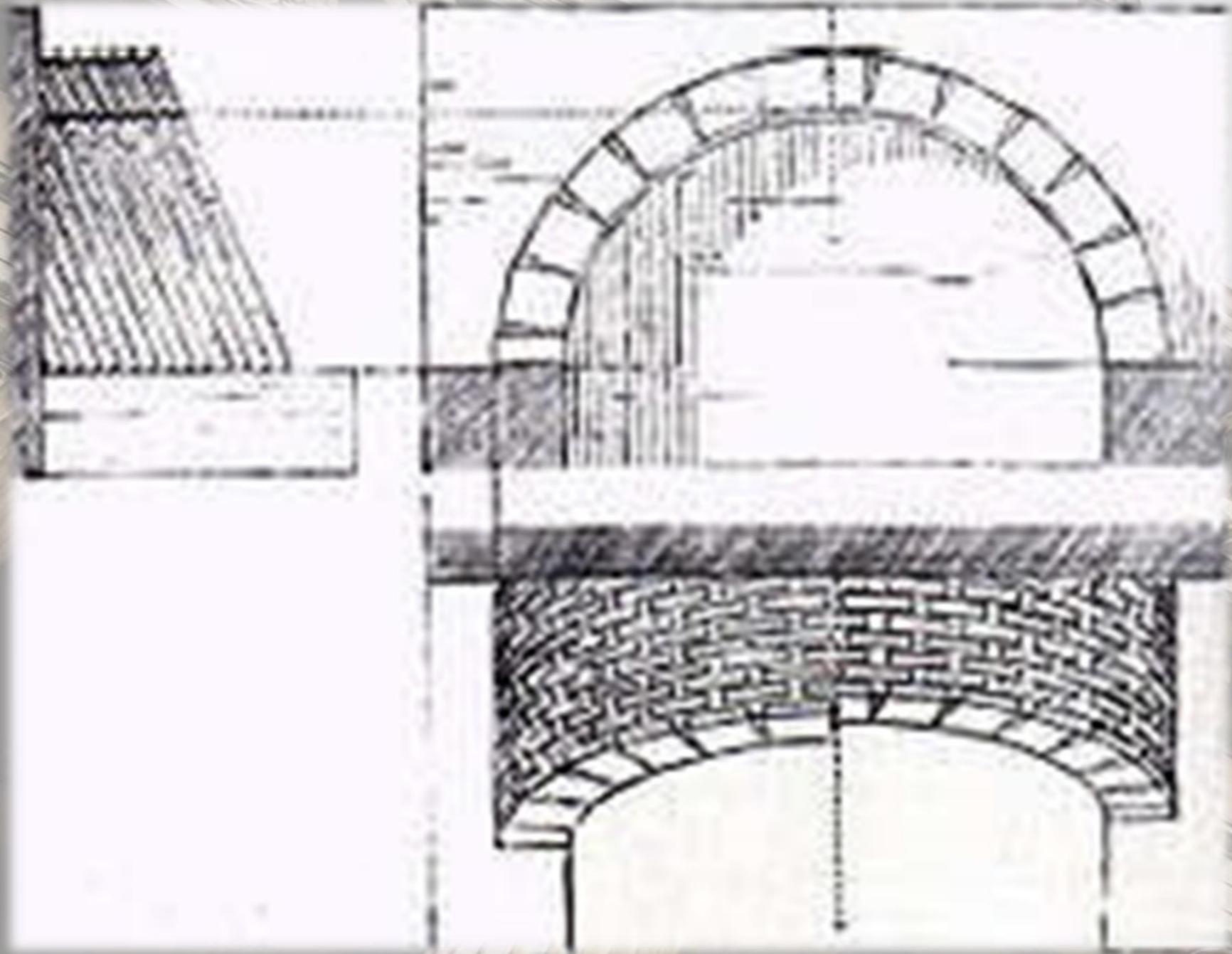
NAVE OF LISBON CATHEDRAL

## 2. PITCH BRICK BARREL VAULT

Yaitu *Barrel Vault* yang dibuat dari batubata yang dipasang secara vertikal (tidak secara radial) dan bersandar pada satu sudut.

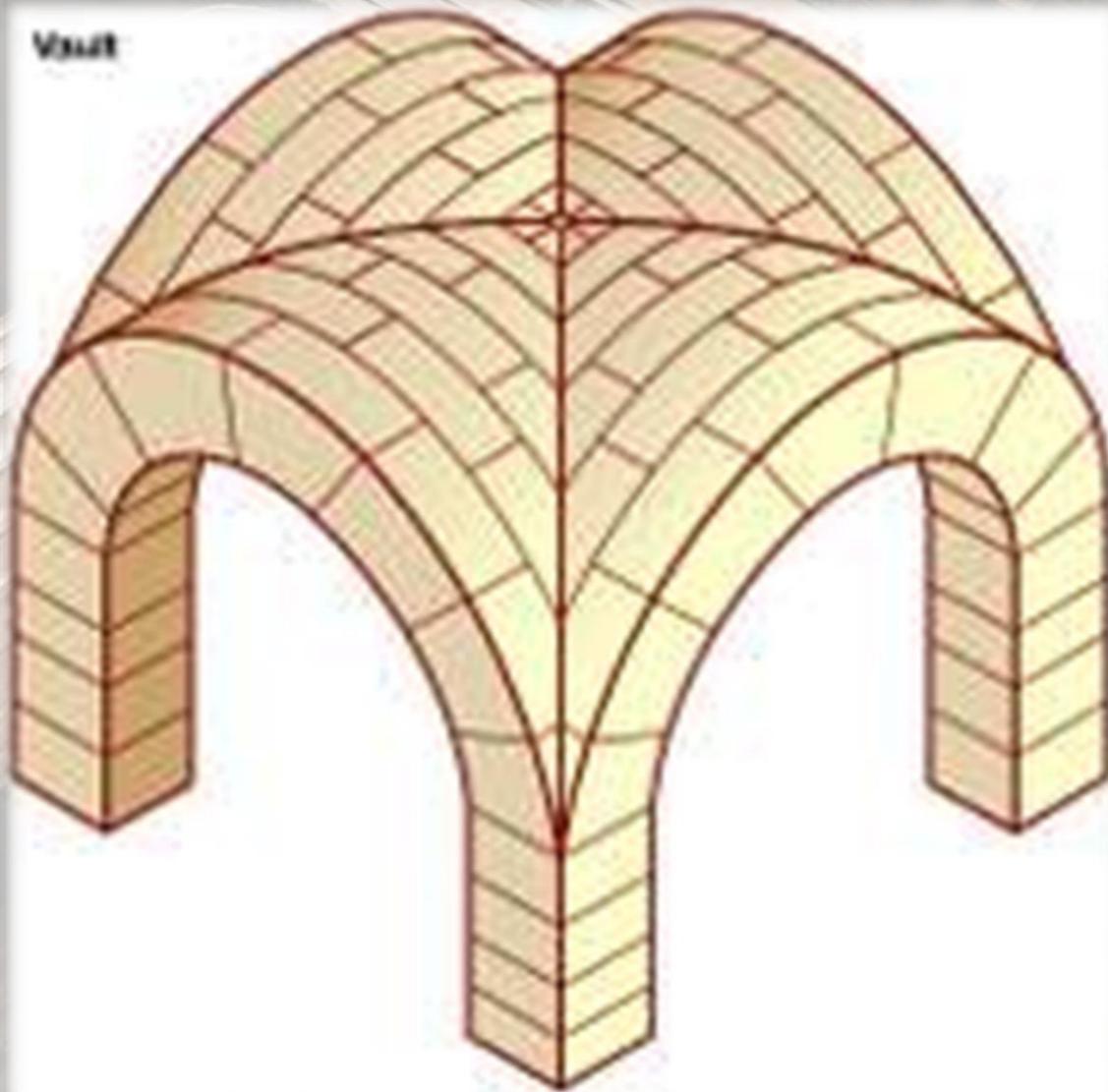


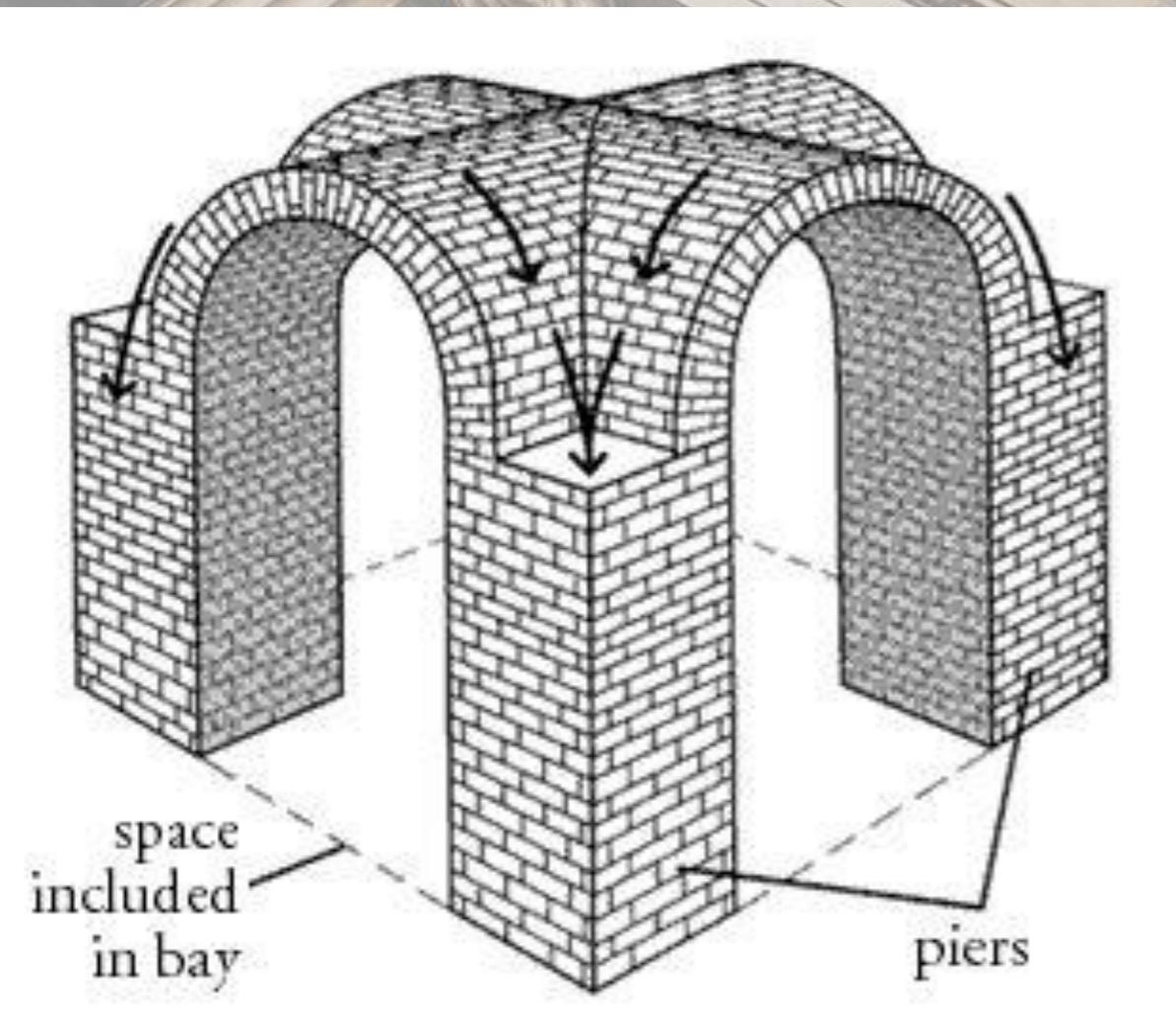
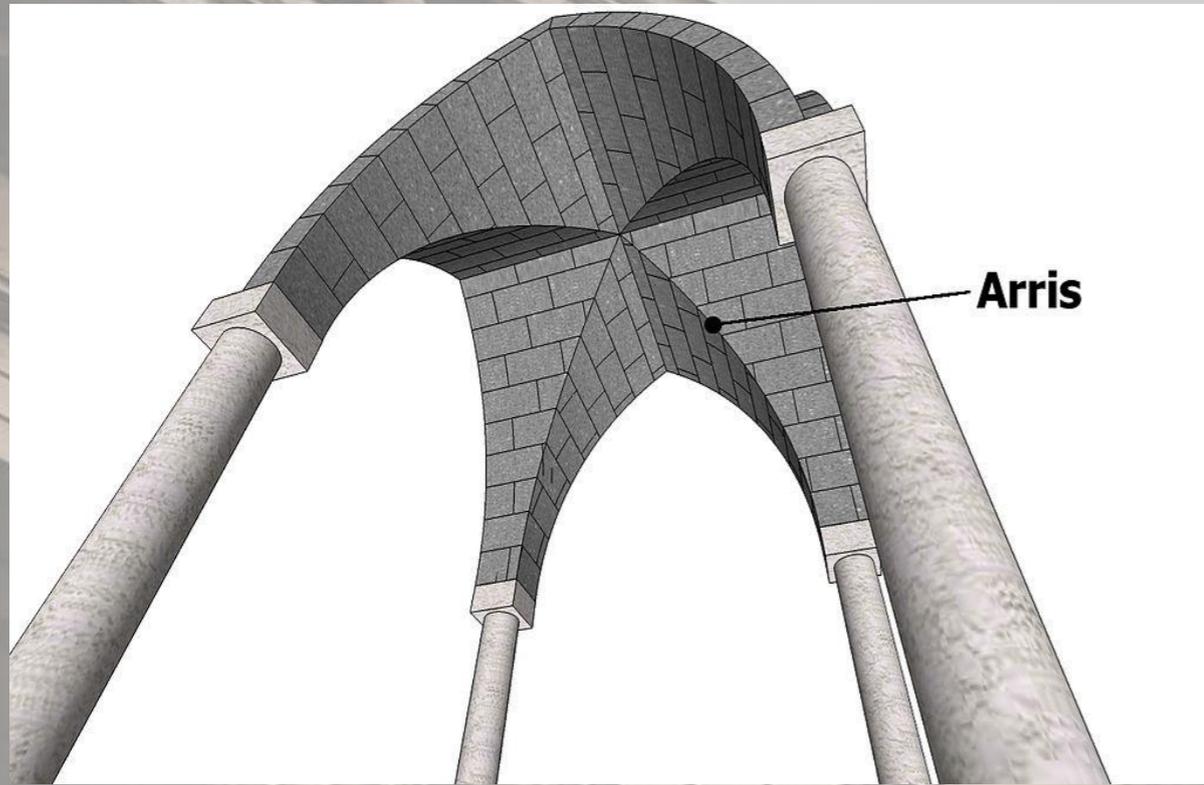
## 2. PITCH BRICK BARREL VAULT



### 3. GROIN VAULT

Sebuah konstruksi Groin (juga dikenal sebagai kubah barel ganda/*double barrel vault*) dibuat dengan menyilangkan dua kubah barel



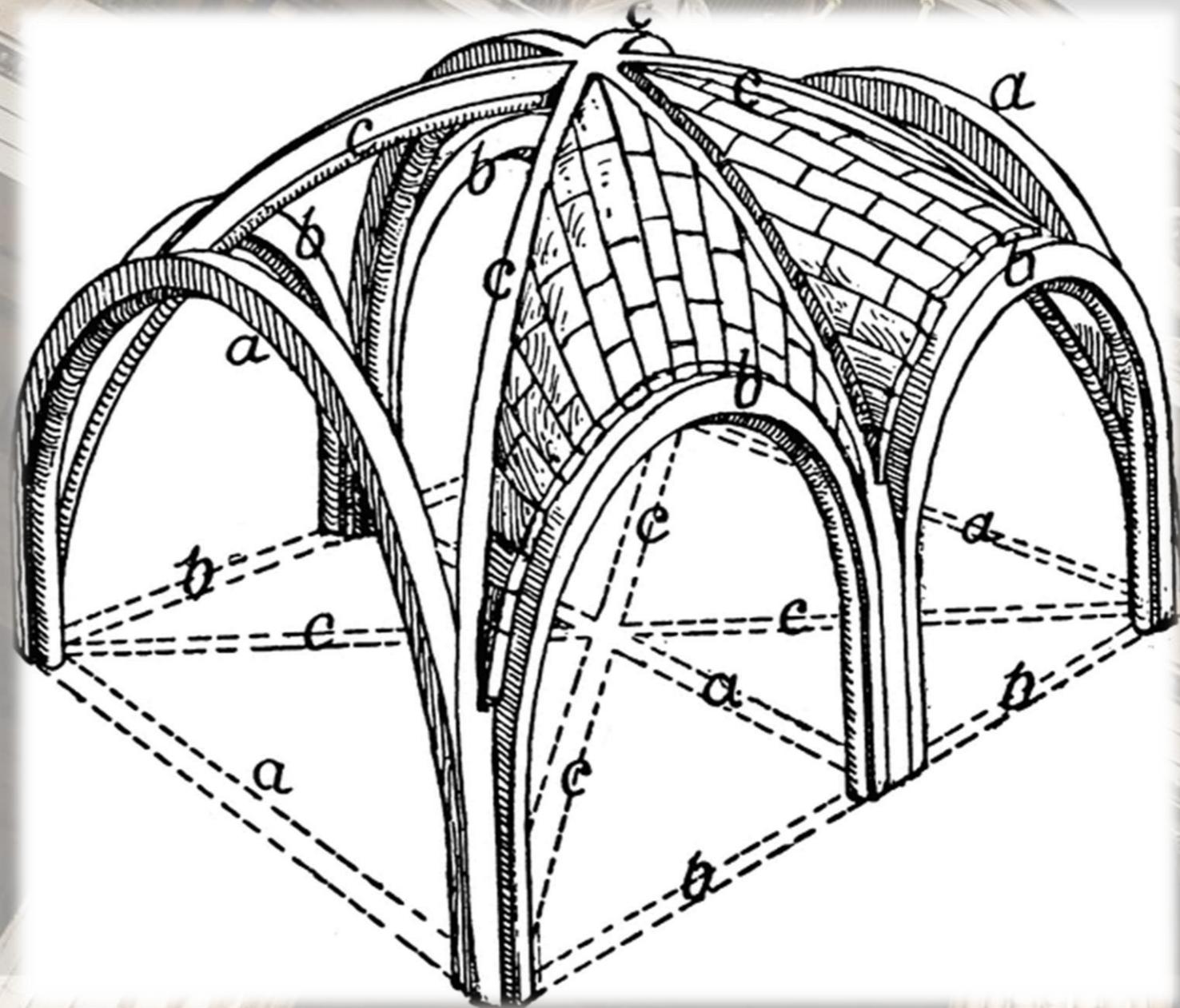


PALLAZO DELLA RAGIONE, VICENZA

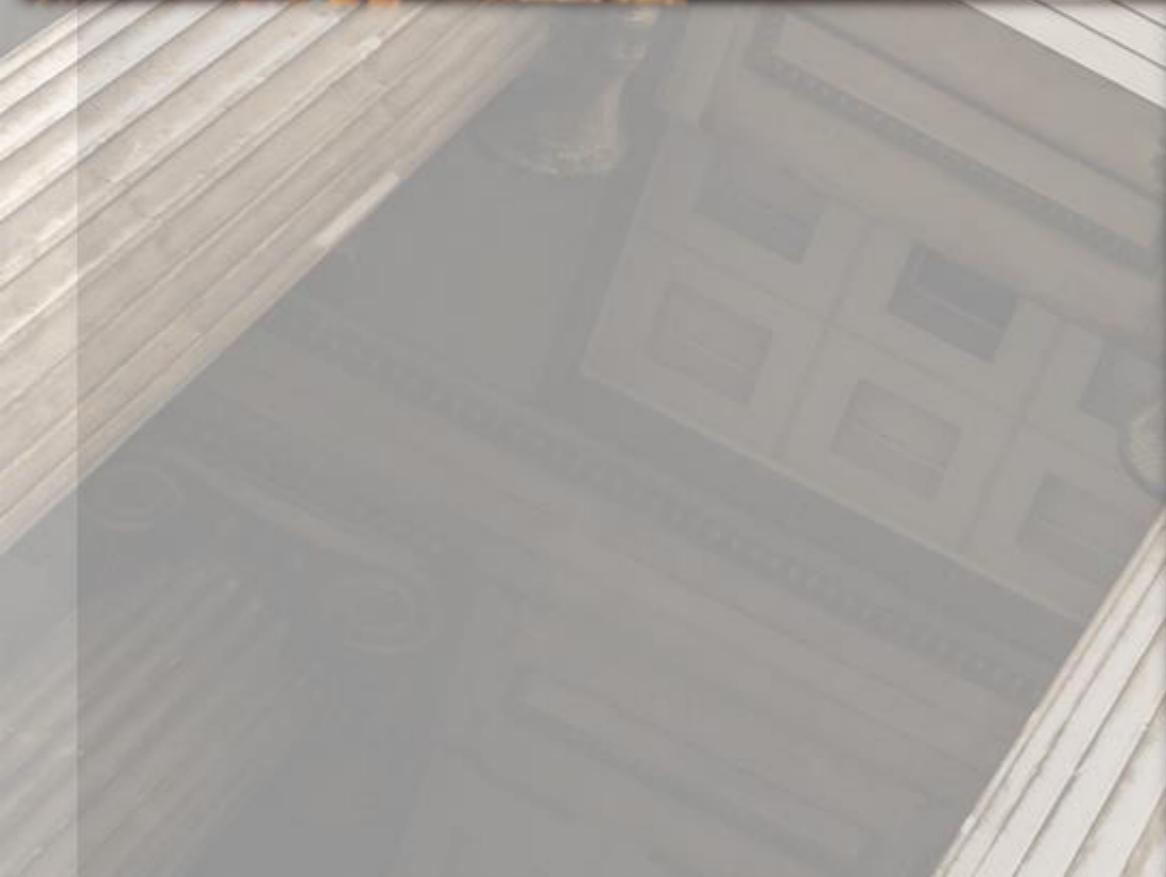
## 4. RIB VAULT

Gabungan dari dua atau lebih barrel vault, sering disebut Cross Vault, karena memiliki persimpangan antara 2-3 barrel vault yang menghasilkan kubah rusuk/bergaris.

Menunjukkan ketrampilan tukang batu dan kemegahan arsitektur Gothik.



# CATHEDRAL DURHAM

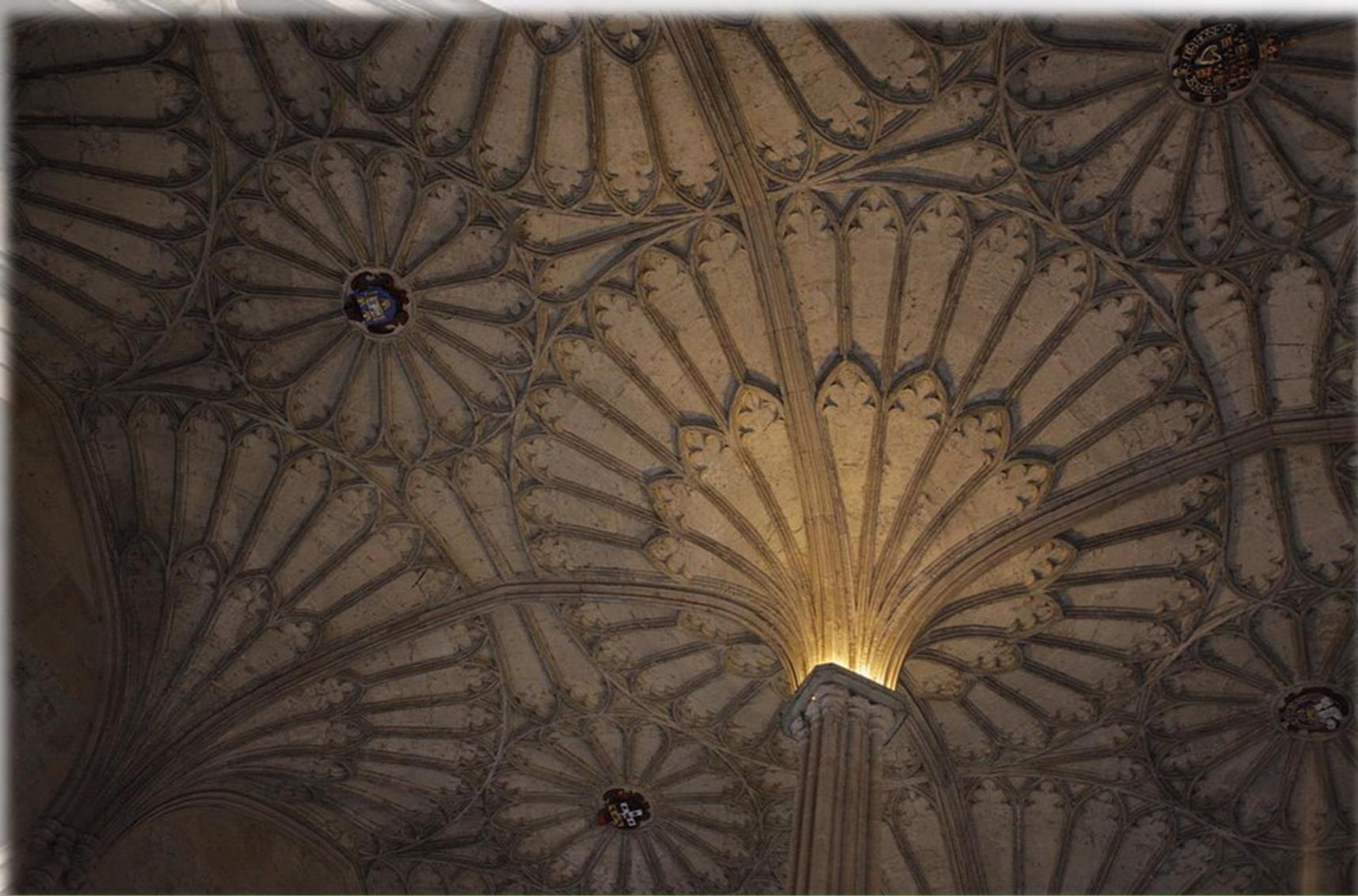


# NOTRE DAME DE PARIS VUE

## 5. FAN VAULT

adalah bentuk kubah di mana tulang rusuk semuanya memiliki lekukan yang sama dan berjarak sama, dengan cara menyerupai kipas.





**CHRIST CHURCH, OXFORD**



**KING COLLEGE CHAPEL, CAMBRIDGE**

# KELEBIHAN VAULT

- Keseluruhan bagian pelengkung menerima tekan, dan gaya tekan ini ditransfer ke abutmen dan ditahan oleh tegangan tanah dibawah pelengkung.
- Bentuk struktur vault adalah inovasi dari pemikiran manusia yang memiliki nilai estetika tinggi

# KEKURANGAN VAULT

- Adanya gaya dorong ke arah samping atau luar, sehingga dibutuhkan penahan pada tiap ujung Arch, di mana dalam bangunan yang berdiri sendiri diperlukan dinding tebal sebagai penahan beban.
- pengerjaan yang sulit perlu tenaga ahli, dan material yang digunakan tidak sembarang.

# CONTOH BANGUNAN VAULT

## MUSEE d'ORSAY

TEMPAT : PARIS, PERANCIS (DI TEPI SUNGAI SEINE)

DIBUAT : TAHUN 1900

DIGUNAKAN : ART MUSEUM

ARSITEK : VICTOR LALOUX

KATEGORI : BARREL VAULT



# CONTOH BANGUNAN VAULT

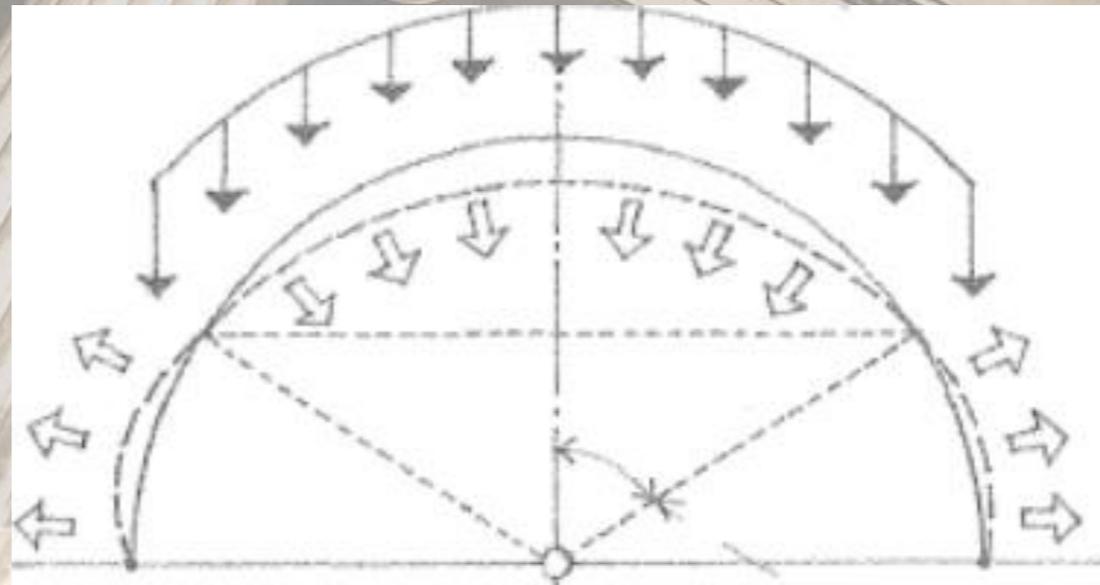




# STRUKTUR KUBAH (DOME)

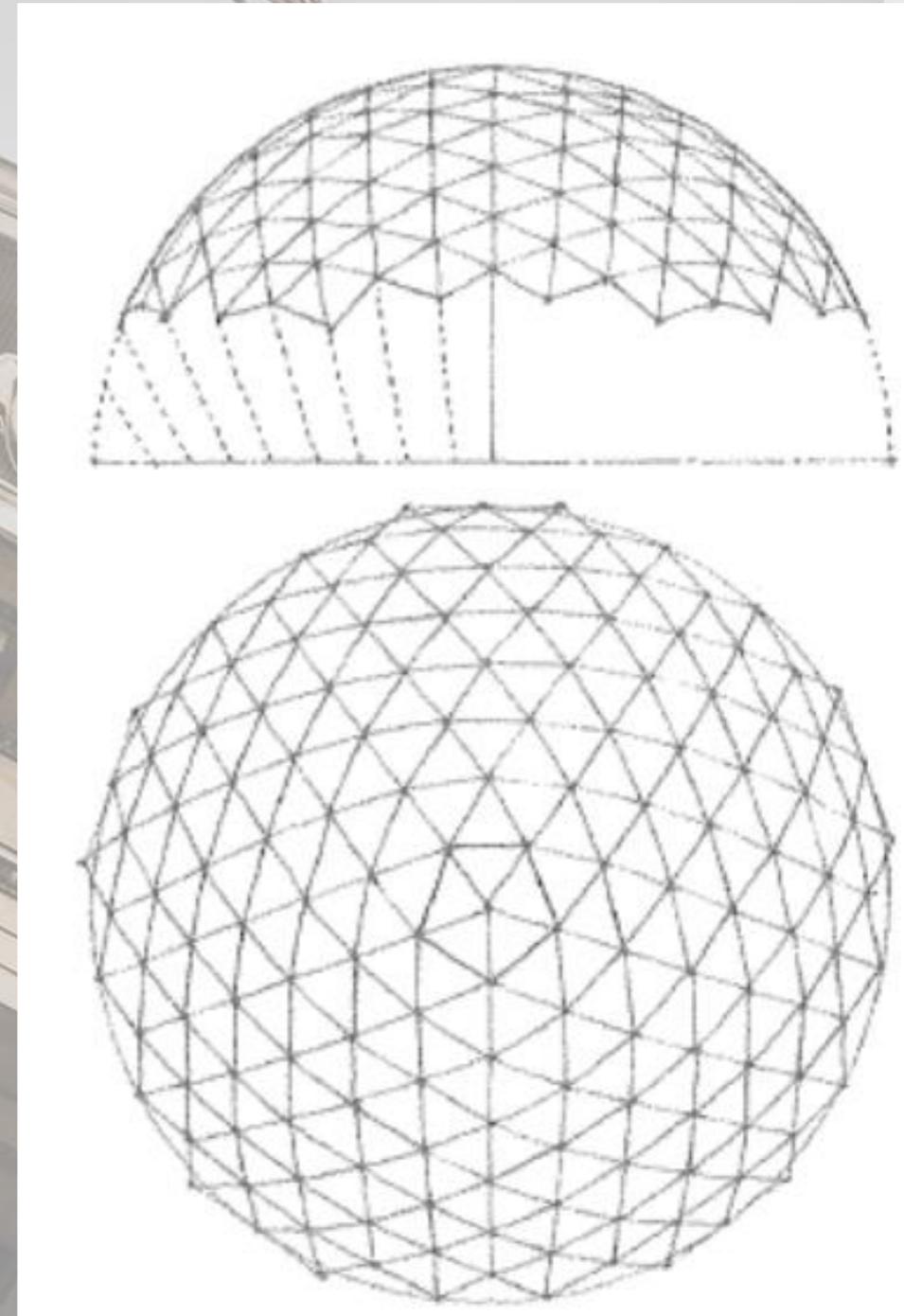
# PENGERTIAN

- *Dome*, atau “kubah” adalah konstruksi setengah lingkaran yang terbentuk dari susunan *Arch* yang diputar membentuk lingkaran. Jika *Arch* membutuhkan penopang saat konstruksi & dinding tebal pada sisinya untuk menahan dorongan, *Dome* menghasilkan dorongan ke bawah sekaligus ke luar sehingga konstruksinya dapat menopang dengan sempurna di seluruh permukaannya.
- Kubah adalah salah satu bentuk yang paling efisien untuk menutupi daerah yang luas, karena dapat membungkus jumlah maksimum ruang dengan luas permukaan minimum.



# PENGERTIAN

- Biasanya kubah diletakkan di tempat tertinggi (sebagai atap), di atas rangka bangunan petak dengan menggunakan singgah kubah (*pendentive*).
- kubah kekuatan strukturnya besar. Sama seperti jembatan gerbang tertekan, kubah dapat dibuat dari batu bata dan beton saja, bergantung kepada daya tekanan dan geseran. Banyak masjid di dunia kini juga mempunyai kubah, termasuk di Indonesia. Tradisi ini berasal dari daerah Anatolia.



# PENGERTIAN

- Beberapa stadion tertutup hari ini juga mempunyai kubah, terutama di negara yang mempunyai iklim empat musim. Stadion pertama seperti ini ialah "Astrodome" di Houston, Texas, AS. Contoh ternama lain ialah "*SkyDome*" di Toronto, Ontario, Kanada, stadion kubah pertama dengan atap yang dapat dibuka.

# SEJARAH KUBAH

- Sejak 6000 tahun lalu konon peradaban pertama Mesopotamia yang mengenal dan menggunakan kubah. Pada abad ke 14 SM di Mycenaen Greeks sudah ditemukan bangunan makam berbentuk kubah (*tholos tombs*). Akan tetapi ada juga yang menyatakan bahwa kubah mulai muncul pada masa imperium romawi sekitar 100 M.
- Salah satu bukti tersebut adalah bangunan Patheon di kota Roma yang dibangun Raja Hdria 118M-128M.
- Pada era kekuasaan Bizantium, Kaisar Justinian juga telah membangun kubah kuno yang megah. Pada tahun 500M menggunakan kubah di bangunan Hagia Spohia di Konstatinopel.

# SEJARAH KUBAH

- Pada abad ke 60SM penggunaan atap kubah berkembang pesat. Di situs kuno Chogha mish yang diperkirakan 6800-3000 SM ditemukan struktur kubah yang dibangun dengan menggunakan batu bata dan dilapisi oleh lumpur.
- Di era modern para arsitek memperkenalkan bentuk kubah geodesi. Kubah ini menggunakan rangka hemisfer dan menggunakan kekisi sebagai rangka menjadikannya kubah tersebut lebih ringan.

# SEJARAH KUBAH

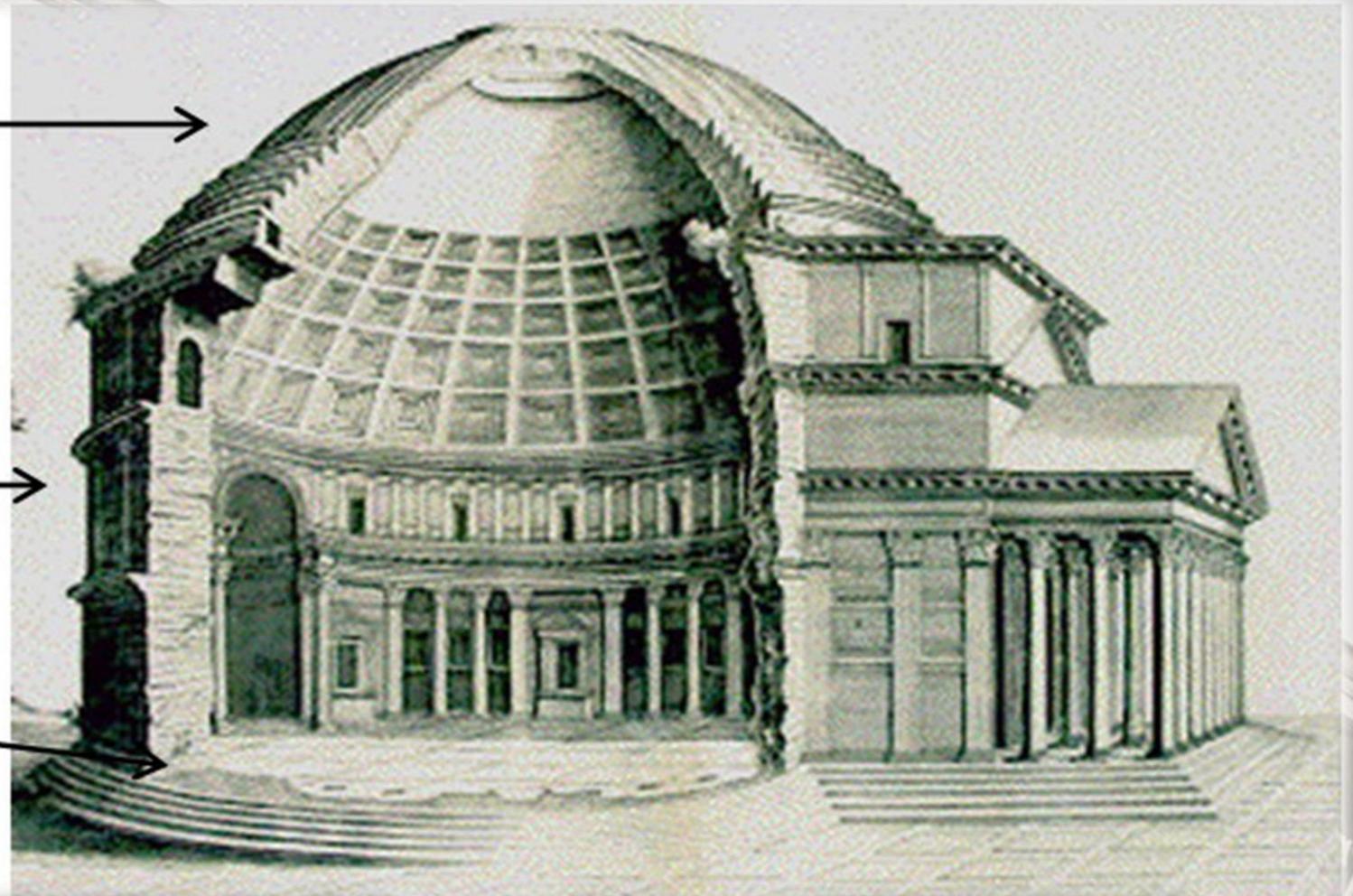
- Struktur Dome/Kubah awal tercipta cenderung dibuat dari anakan, buluh kayu dan ditutup dengan tuf atau kulit jerami. Material mungkin telah ditransmisikan ke bumi yang sudah dikeringkan, bata lumpur atau lebih tahan lama karena kondisi setempat.
- Pada era Romawi dan Bizantium struktur atap bangunan Mereka umumnya berbentuk setengah bola dan berlanjut sampai era arsitektur gothic. Salah satunya Kubah Panteon adalah kubah paling penting dari periode romawi. Kubah beton roman terbesar.

# SEJARAH KUBAH

Beton Ringan  
dengan batu apung

Beton cor dengan batu  
basalt dan batu bata

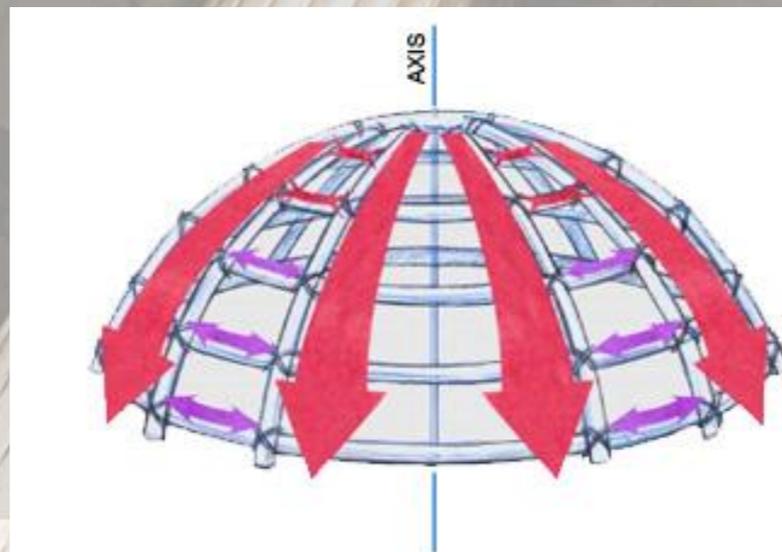
Fondasi beton mutu  
tinggi dengan batu basalt



- Struktur kubah pada periode Modern terbuat dari banyak bahan tahan lama dan banyak gaya dan bentuk baru. Teknik produksi baru terbarukan yang memungkinkan besi, kayu dan banyak bahan yang berbeda untuk digunakan dalam konstruksi kubah.

# SISTEM PENYALURAN GAYA

Struktur ini menggunakan prinsip busur atau *arch* yang disusun secara radial sampai membentuk kubah atau setengah lingkaran. Sehingga struktur *dome* ini mendapatkan kekuatannya dari bentuk tersebut yang menyebarkan gayanya secara merata yang berasal dari atas atau puncak sampai ke struktur pondasi. Hal ini membuatnya sangat aerodinamis dalam menahan beban angin, tornado, maupun *hurricane* apabila dibandingkan dengan struktur biasa yang cenderung memakai bentuk *flat/datar*. Sebuah *dome* mampu menahan angin hingga berkecepatan 150 mph bahkan juga *hurricane* dengan kecepatan 300 mph.



# SISTEM PENYALURAN GAYA

- **Gaya Tekanan**

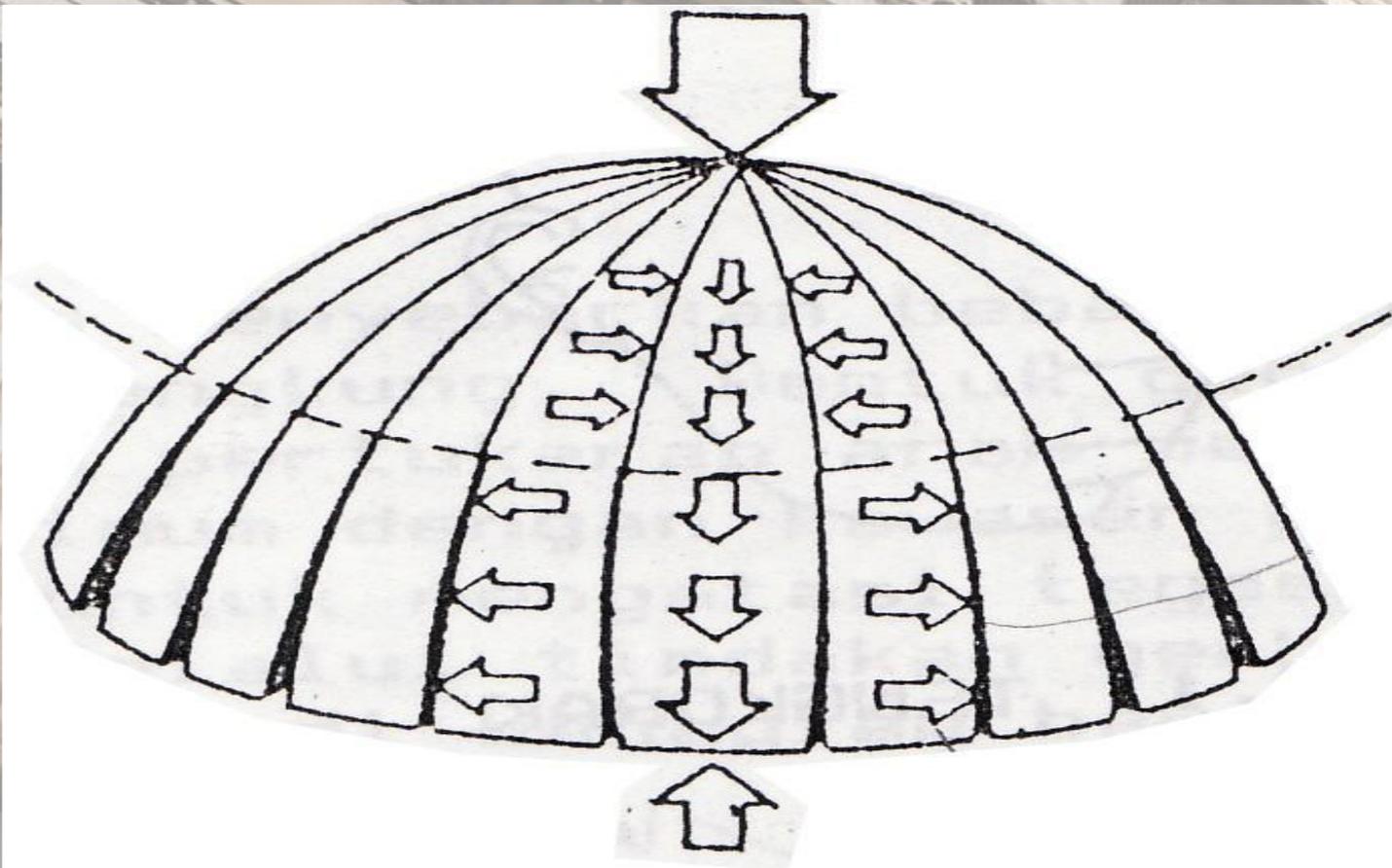
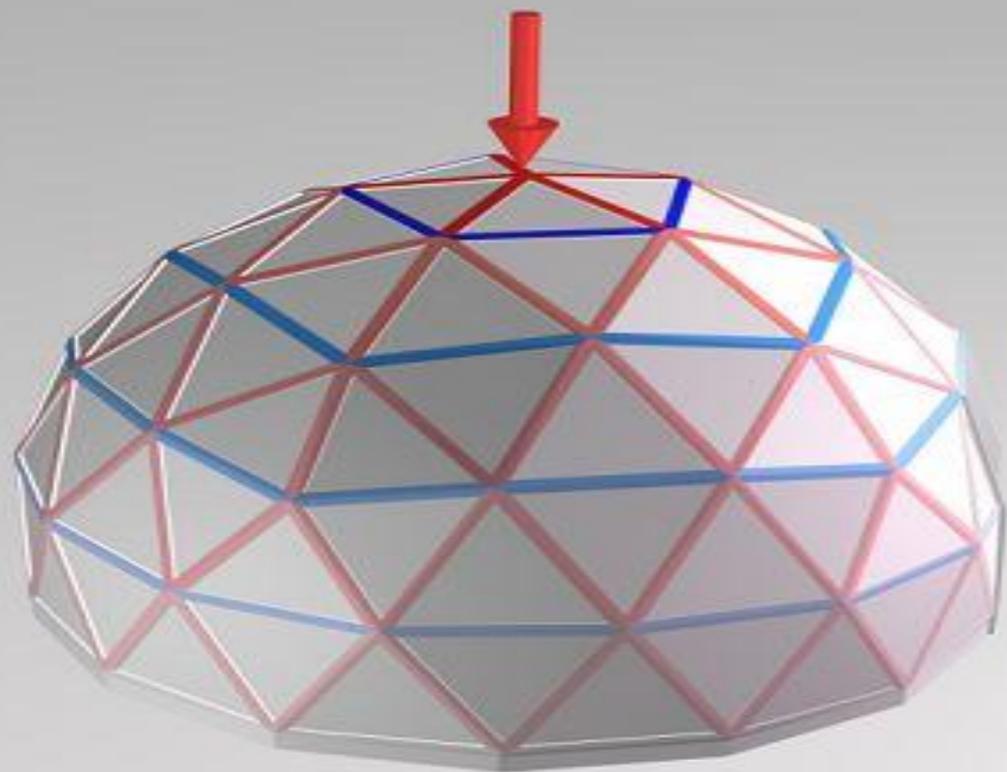
Gaya tekanan merupakan gaya yang bekerja pada suatu objek dengan mengeluarkan gaya yang berlawanan arah dengan gaya yang satunya lagi dengan saling mendekati. Gaya tersebut berupa gaya dorong atau gaya tekan yang saling mendekati.

- **Gaya Tegangan**

Gaya tegangan merupakan gaya yang bekerja pada suatu objek dengan mengeluarkan gaya yang berlawanan arah dengan gaya yang satunya lagi dengan saling menjauhi. Gaya tersebut merupakan gaya tarik yang saling menjauhi

# SISTEM PENYALURAN GAYA

Panah berwarna merah merupakan Objek yang telah diletakkan di atas kubah. Garis-garis merah pada kubah menandakan gaya tekanan sedangkan garis-garis biru pada kubah menandakan gaya tegangan yang terdapat pada kubah.



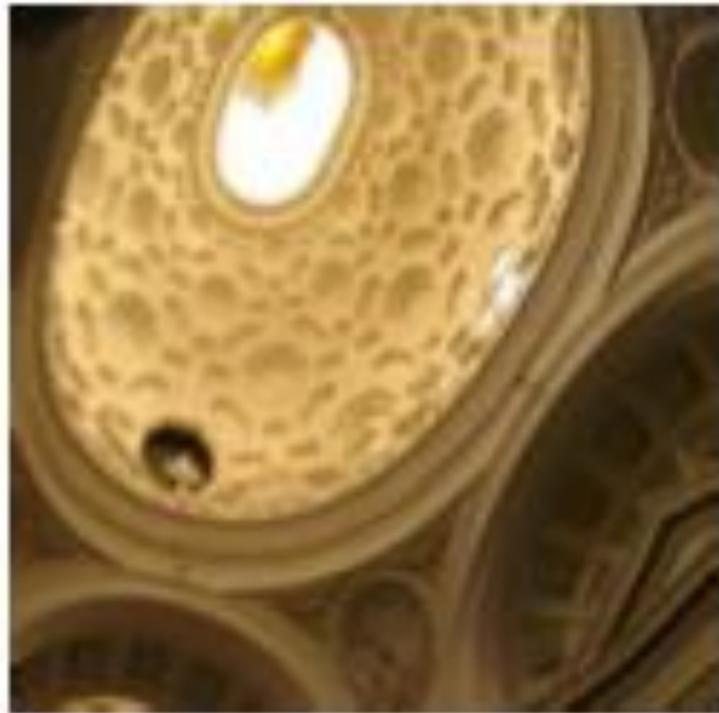
# MATERIAL KUBAH

- *Dome* dapat dibuat dari bermacam-macam elemen mulai dari beton, beton bertulang, aluminium (logam), batu, batu bata (*masonry*), *polyurethane*, dan sebagainya. Masing-masing bahan memiliki ketahanan dan *modulus elastisitas* yang berbeda sehingga dalam desain *dome* perlu diperhatikan pemilihan elemen yang tepat sehingga bisa dicapai desain yang optimal dari segi durabilitas, ketahanan struktur, dan ekonomis.

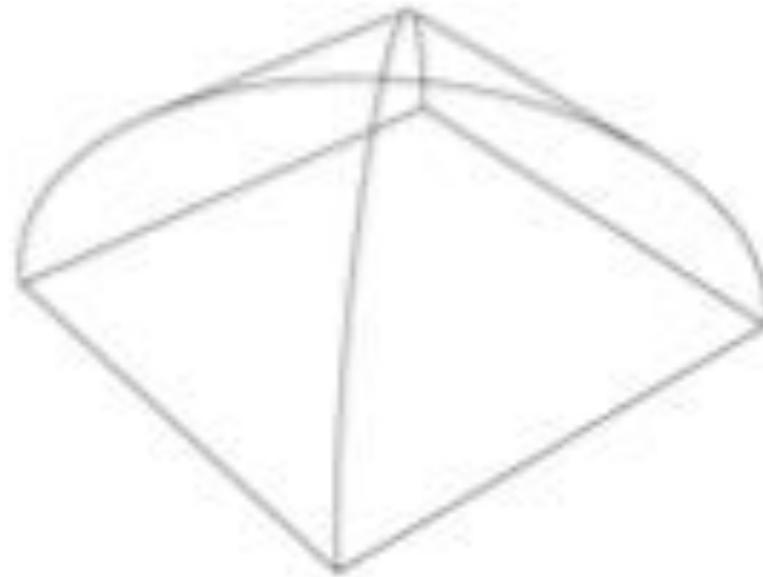
# JENIS-JENIS KUBAH

- Jenis-jenis dome a.l.
  1. *oval dome,*
  2. *Drum dome*
  3. *polygonal dome,*
  4. *saucer dome* (kubah cawan),
  5. *parabolic dome,*
  6. *sail dome* (kubah layar),
  7. *umbrella dome/scallope dome*/kubah payung,
  8. *onion dome,*
  9. *corbel dome,*
  10. *geodesic dome,*
  11. *monolithic dome.*

- *Oval dome*



- *Polygonal dome*



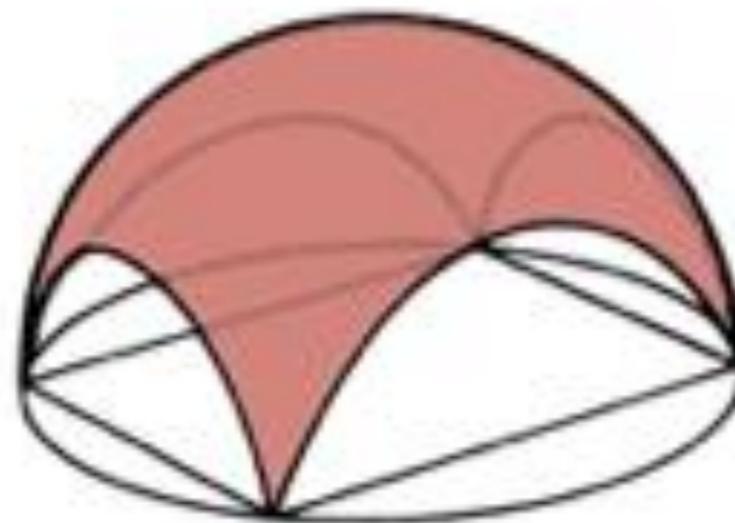
- *Saucer dome*



- *Parabolic dome*



- *Sail dome*



- *Umbrella dome*





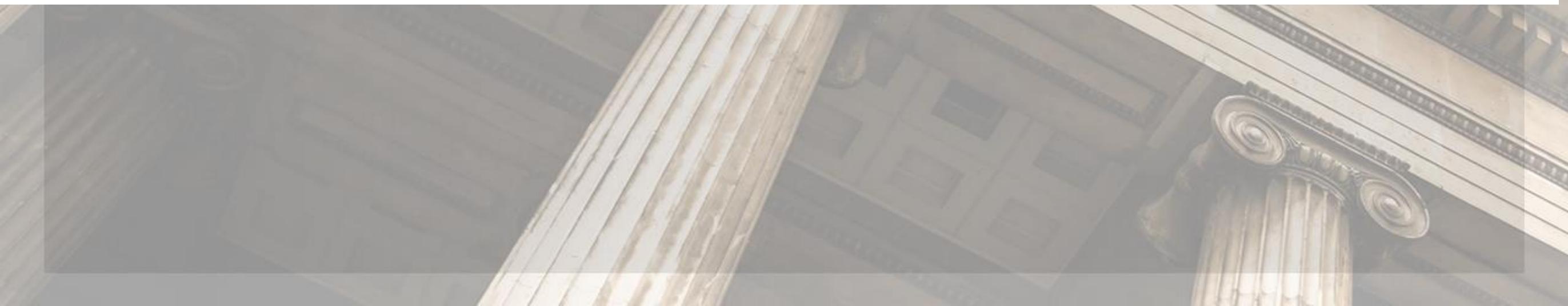
- *Onion dome*



- *Corbel dome*



- *Geodesic dome*



# *CORBEL DOME*

Kubah Corbel adalah salah satu bentuk kubah paling awal yang ditemukan di beberapa konstruksi Paleolitik.

Bentuknya bukan seperti bentuk kubah yang kita kenal, bahkan tidak mirip sama sekali.

Kubah Corbel dibentuk oleh konstruksi batu horizontal yang secara bertahap memiliki ukuran yang mengecil, untuk menciptakan bentuk semi bulat. Karena lingkaran di setiap lapisan menurun, lingkaran batu secara bertahap bergerak menuju pusat, didukung oleh lapisan sebelumnya sampai bentuk kubah benar-benar tertutup.



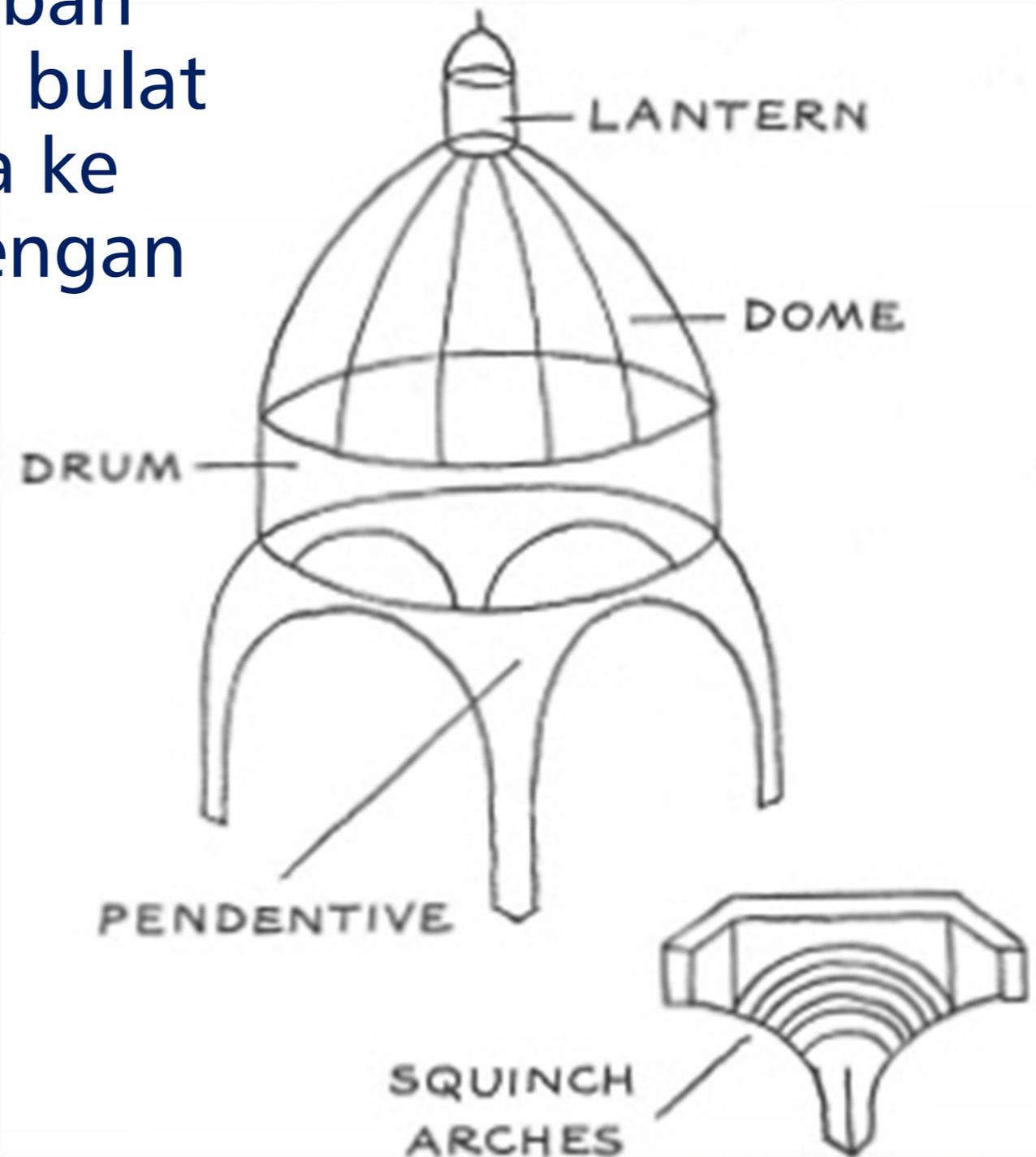
# *ONION DOME* (KUBAH BAWANG)

Kubah dengan bentuk seperti bawang ini umum ditemukan di arsitektur bergaya *eastern* atau timur. Kubah bawang adalah kubah bulat yang melebar dari dasar yang kecil dan kemudian meruncing hingga ke puncaknya. Jika Anda ingin membayangkan bentuk kubah bawang, misalnya adalah kubah Taj Mahal atau kubah yang biasa digunakan pada banyak gereja Ortodoks di Rusia.



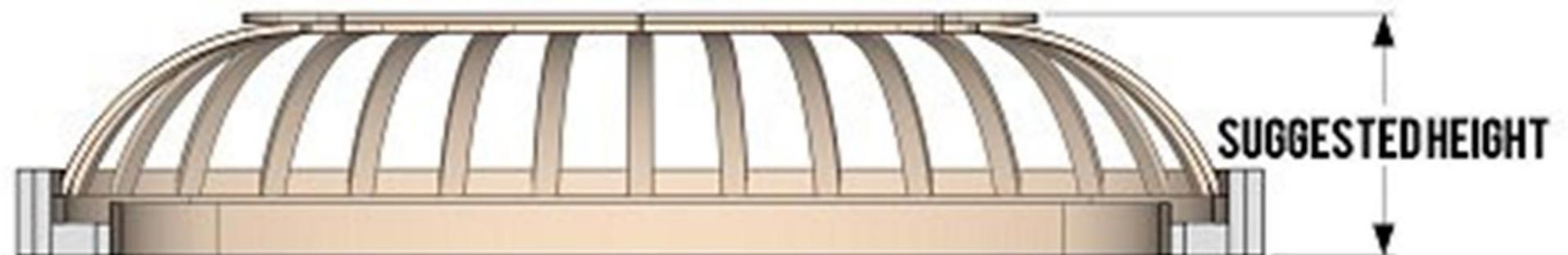
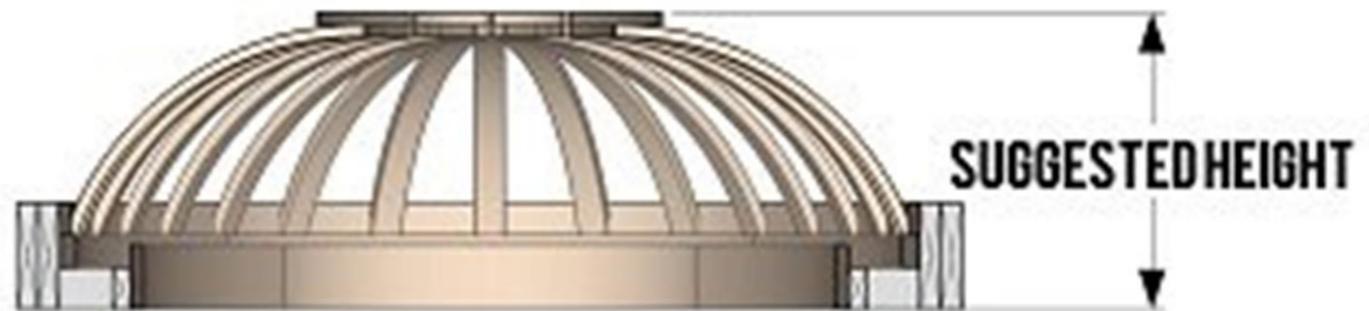
# *DRUM DOME*

Mungkin bentuk kubah paling umum adalah kubah drum. Kubah drum mempunyai bentuk semi bulat sederhana yang meluas hingga ke dasar yang melingkar, mirip dengan kubah Pantheon.



# OVAL DOME

Kubah oval cukup Sering ditemukan di gedung-gedung Renaissance atau Baroque. Kubah oval memiliki basis oval atau berbentuk bulat telur dan meluas ke atas ke atas seperti kubah berbentuk setengah bola.



# *SAIL DOME*



Sail Dome adalah jenis kubah dengan bentuk unik, karena tidak seperti kubah drum, basis dari kubah ini tidak membentuk lingkaran. Sebaliknya, sudut – sudut kubah mendukung seluruh struktur, sementara sisi yang lain juga melengkung, menciptakan bentuk seperti layar kotak yang terkembang akibat terkena hembusan angin.

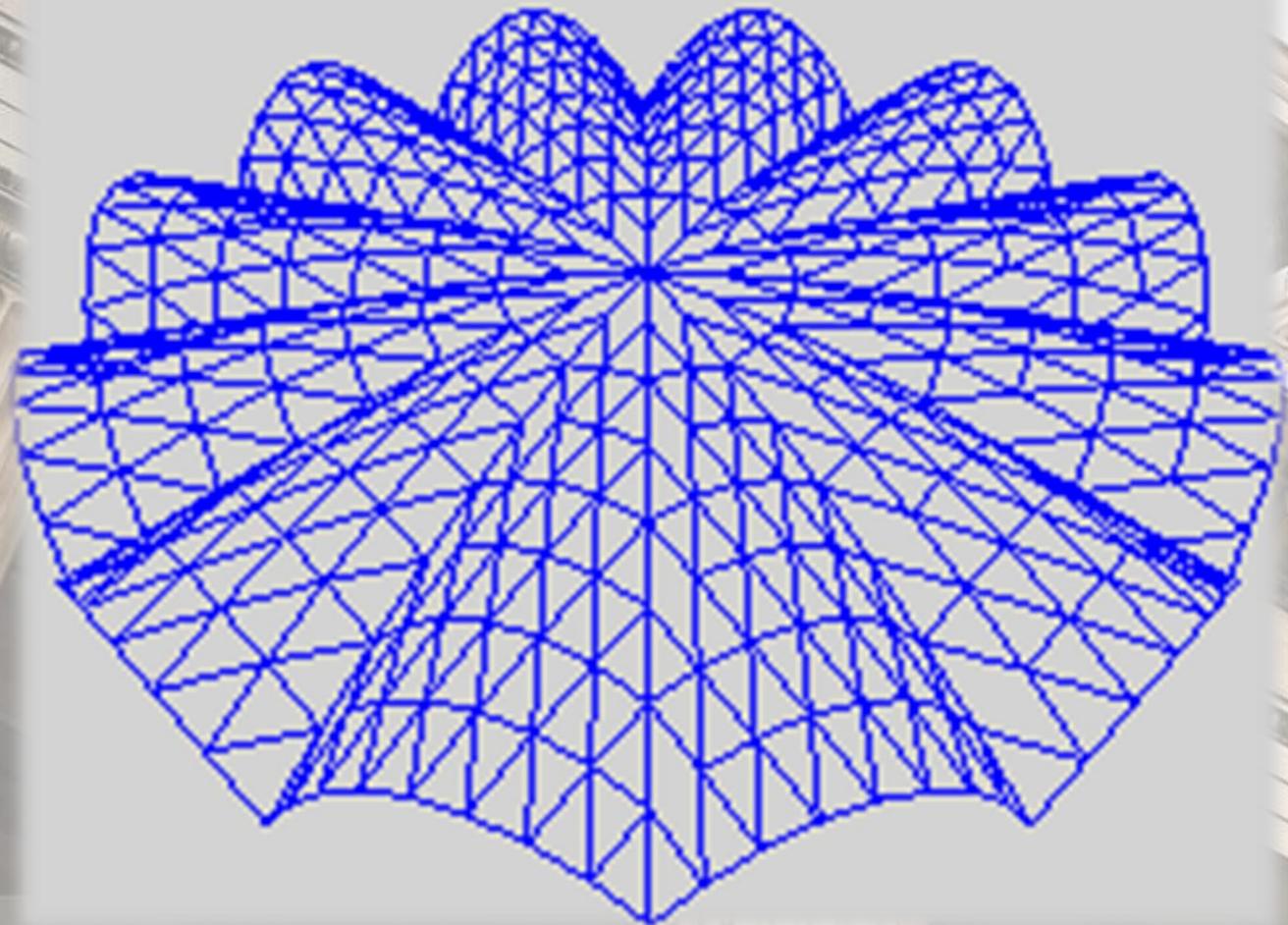
# *SAUCER DOME*

Istilah kubah cawan dikenakan pada jenis kubah ini karena kubah ini memiliki fondasi yang melingkar. Selain itu, tidak seperti kubah drum, kubah cawan membuat bentuk cekungan yang cukup rendah, membuat kubah ini terlihat lebih seperti cawan terbalik daripada setengah bola



# *OVAL DOME*

Kubah Bergigi atau Kubah Payung ialah kubah yang mana berat kubah didukung oleh struktur vertikal yang berawal dari dasar ke pusat, yang membagi kubah menjadi beberapa segmen. Jika garis – garis vertikal mendistorsi bentuk kubah, sehingga setiap penampang lebih bersifat poligonal ketimbang bundar, kubah tersebut akan dijuluki kubah poligonal. Thomas Jefferson Monticello merupakan contoh bangunan dengan kubah poligonal



# KELEBIHAN STRUKTUR DOME

- *Dome* umumnya digunakan sebagai atap utama di aula atau atrium. Penerapan *Dome* bukan hanya untuk alasan kekuatan atau keindahan, tapi juga fungsi akustik. Bentuknya yang cekung dapat menghasilkan gema dan membuat suara musik terdengar lebih indah, namun kebalikannya, membuat suara tidak terdengar secara jelas. Oleh karena itu, *dome* lebih tepat diterapkan untuk ruang musik, apabila difungsikan juga untuk pidato, *dome* harus dilengkapi dengan penerapan *coffering*, yaitu panel-panel cekung yang menyebar di seluruh permukaan dome yang berfungsi sebagai peredam gema.
- Keunggulan lain dari *dome* adalah ketahanannya terhadap getaran gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh karena ikatan antara struktur *dome* dengan pondasi yang dibuat *rigid* dan *monolith* sehingga tidak terdapat eksentrisitas yang bisa menyebabkan puntir pada struktur utama.

# KELEBIHAN STRUKTUR DOME

- Selain itu bentuknya yang menjadi struktur juga memiliki nilai estetis karena berbentuk setengah lingkaran. Serta beban yang bekerja pada struktur atap relative kecil.
- Biaya pembuatan *dome* relatif murah karena tidak memakai balok dan kolom.
- Struktur *dome* juga sangat preventif terhadap bahaya kebakaran (*Monolithic dome*) yang terbuat dari beton tentu saja tahan terhadap panas api bila dibandingkan dengan struktur biasa yang masih memakai elemen kayu dan baja.

# KEKURANGAN STRUKTUR DOME

- Kekurangan dome adalah bentuk yang monoton karena tidak ada bentuk lain selain setengah lingkaran.
- Diperlukan keahlian yang khusus dalam menciptakan dan mengerjakan bentuk tersebut.
- Dinding yang tidak vertikal dan tanpa sudut bisa menyebabkan masalah pada utilitas di dalamnya.

# KEKURANGAN STRUKTUR DOME

- Kekurangan dome adalah bentuk yang monoton karena tidak ada bentuk lain selain setengah lingkaran.
- Diperlukan keahlian yang khusus dalam menciptakan dan mengerjakan bentuk tersebut.
- Dinding yang tidak vertikal dan tanpa sudut bisa menyebabkan masalah pada utilitas di dalamnya.

# STUDI KASUS: TOKYO DOME, JEPANG

- Lokasi : Tokyo, Jepang
- Desain : Nikken Sekkei Ltd, Takenaka
- Total luas lantai : 115.221 m<sup>2</sup>
- Tokyo Dome yang berada di Tokyo, Jepang merupakan bangunan hasil desain dari Nikken Sekkei Ltd, Takenaka Corporation. Luas bangunan ini 115.221 m<sup>2</sup> dengan jumlah lantai adalah 6 lantai (2 lantai basement). Bangunan ini selesai dibangun pada tahun 1988.
- Tokyo Dome merupakan jawaban atas harapan agar tetap dapat menonton pertandingan base ball , meskipun dalam keadaan hujan. Takenaka corporation berperan penting untuk merealisasikan " The big egg " sebagai bangunan bentang lebar



# STUDI KASUS: TOKYO DOME, JEPANG

- Detail struktur tokyo dome

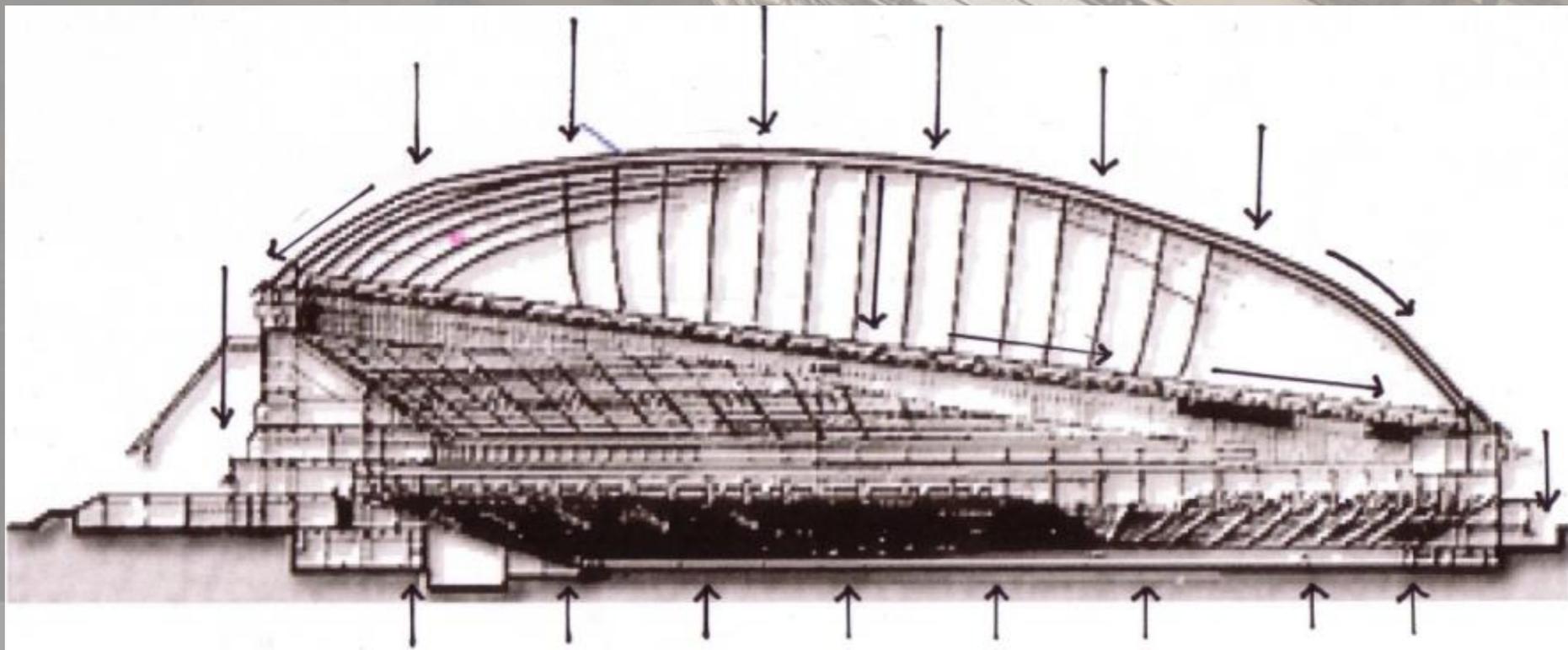
Dalam bangunan ini menggunakan struktur dome dengan kombinasi struktur membran pada atapnya .Untuk struktur domenya menggunakan jenis dome geodesic. Yaitu sebuah struktur dome (kubah) yang penampilan terdiri dari serangkaian rangka-rangka batang serta material yang bersifat



# STUDI KASUS: TOKYO DOME, JEPANG

- **Penyaluran beban**

Pada struktur ini, bidang menerima beban membentuk ruang dan sekaligus memikul beban. Kekuatan utamanya terletak pada arah gaya-gaya yang bekerja serta ditopang oleh kekuatan struktur rangka itu sendiri. Kemudian dari beban tersebut akan disalurkan ke dua kolom penumpu utama, yang menuju ke pondasi rakitan. Penggunaan pondasi rakit merupakan pilihan yang lebih ekonomis daripada penggunaan pondasi tiang pancang.

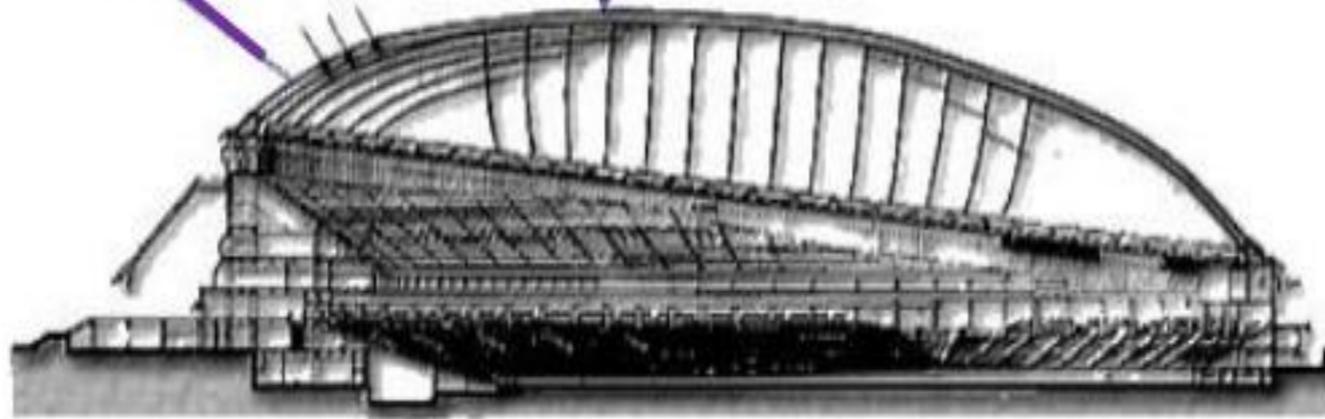


# STUDI KASUS: TOKYO DOME, JEPANG

Material atap menggunakan material membran jenis bahan teflon (PTFE), dipilih karena bahan yang lebih transparan mampu melindungi silau matahari namun tetap lebih terang sekaligus dapat sebagai penahan kotor debu .

Material membran yang mampu melindungi bangunan dari silau sinar

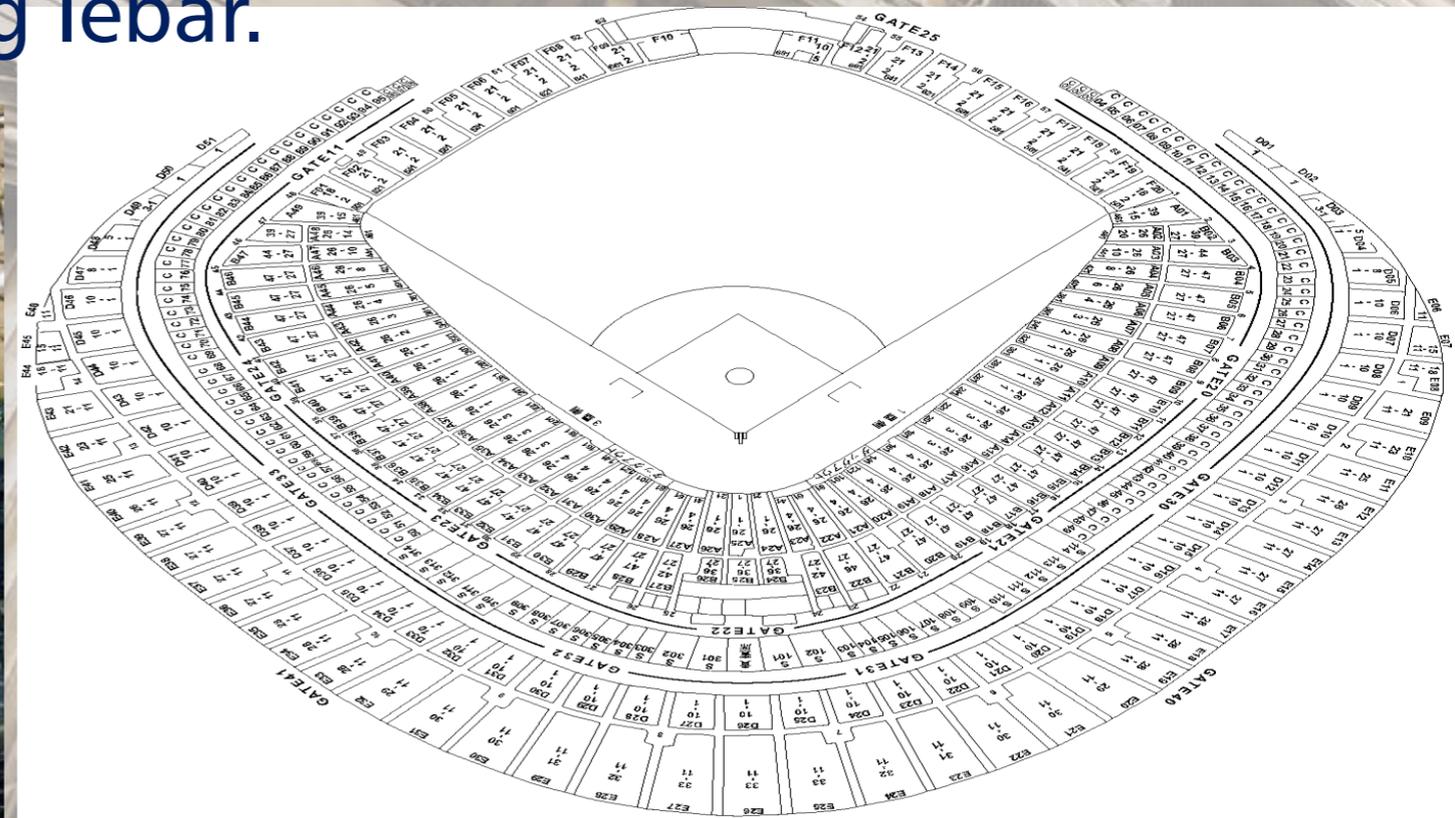
Material membran dilapisi oleh bahan teflon(PTFE) sebagai penahan kotor



# STUDI KASUS: TOKYO DOME, JEPANG

## KESIMPULAN

Tokyo dome merupakan bangunan dengan struktur kombinasi dome dengan Atap bermaterial membran, Bangunan ini Sangat cocok untuk arena olahraga karena Tidak adanya kolom di tengah bangunan. Serta memiliki bentangan yang lebar.



東京ドーム座席表

# STUDI KASUS: MASJID AZIZI TANJUNG PURA, LANGKAT





The dome of Selimiye Mosque by Great Sinan



# STUDI KASUS: GEODESIC DOME (US PAVILION IN MONTREAL)

Contoh Geodesic Dome dengan diameter 80m yaitu Pavilyun AS di Montreal rancangan R. Buckminster Fuller.

