

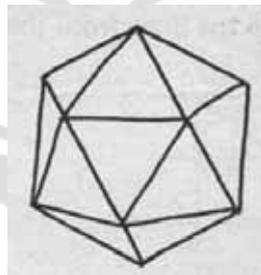
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kubah Geodesik

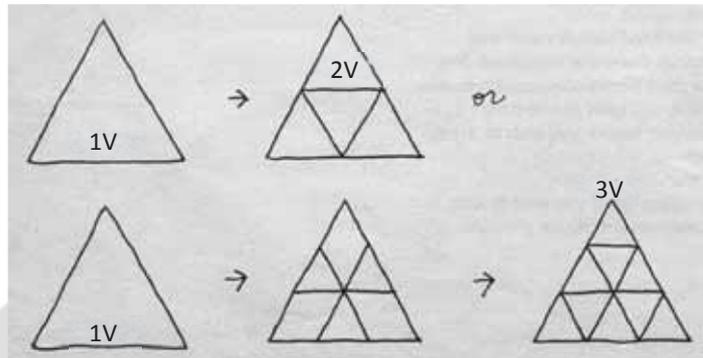
Struktur kubah geodesik pertama kali dibangun oleh *Zeiss Optical Company* dengan kepala engineer Walter Bauersfeld pada tahun 1926. Namun yang mempopulerkan struktur kubah geodesik tersebut adalah Richard Buckminster Fuller, seorang arsitek, desainer, penulis, dan ilmuwan. Fuller merupakan orang yang memberi istilah "geodesik" pada struktur kubah tersebut pada tahun 1948.

Kubah dapat dibuat dari banyak bentuk, salah satunya dibuat dari sebuah isocahedron (Kahn, 1971). Menurut Kahn (1971), bentuk dasar dari kubah geodesik berasal dari bidang isocahedron.



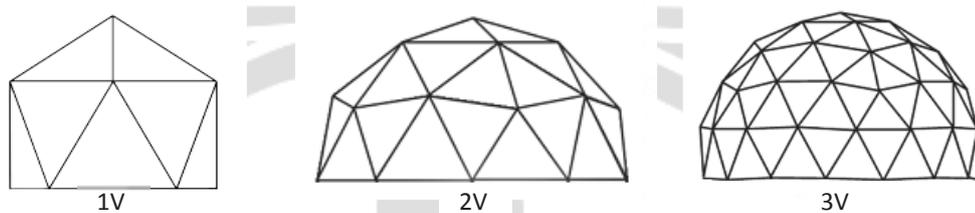
Gambar 2.1. Bidang isocahedron

Untuk membuat struktur yang besar maka diperlukan batang yang panjang dan berat. Mengatasi hal ini, Fuller membagi rangka segitiga dari bidang isocahedron menjadi segitiga yang lebih kecil, seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.2. Pembagian rangka segitiga

Segitiga pertama yang tidak terbagi disebut segitiga 1V atau satu frekuensi. Sedangkan yang terbagi menjadi dua di setiap sisinya disebut 2V atau dua frekuensi dan yang terbagi menjadi tiga disebut 3V atau tiga frekuensi. Pembagian tersebut dapat dilakukan tanpa batas tergantung kebutuhan panjang penopang yang diinginkan dalam membangun kubah geodesik. Dalam penerapannya untuk struktur kubah geodesik, perbedaan dari ketiga tipe frekuensi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3. Tipe kubah geodesik

Dapat dilihat semakin besar frekuensi segitiga yang digunakan, semakin bulat struktur kubah geodesik dan semakin pendek kebutuhan panjang setiap penopang yang membentuk rangka segitiga.

2.1.1. Kubah Geodesik Tipe 3V

Tipe kubah geodesik 3V merupakan jenis kubah geodesik yang cocok untuk pembuatan kubah geodesik dengan diameter 7 - 12 meter (Kahn, 1971). Jenis kubah geodesik 3V dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu 3V $\frac{3}{8}$ dan 3V $\frac{5}{8}$. Perbedaan dari kedua tipe tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

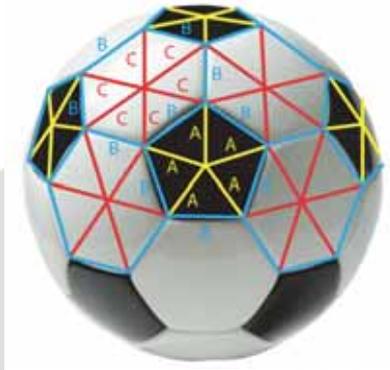


Gambar 2.4. Kubah geodesik tipe 3V $\frac{3}{8}$, tipe 3V $\frac{5}{8}$, dan bola geodesik 8/8

Tipe 3V $\frac{3}{8}$ adalah kubah geodesik tersebut mengambil $\frac{3}{8}$ bagian dari bentuk bola geodesik 8/8, sedangkan tipe 3V $\frac{5}{8}$ mengambil $\frac{5}{8}$ bagian.

2.1.2. Penopang Kubah Geodesik Tipe 3V $\frac{3}{8}$

Penopang kubah geodesik tipe 3V dapat kita pelajari dari sebuah bola sepak. Permukaan sepak bola terdiri dari rangkaian bidang heksagonal dan pentagonal. Pada bidang tersebut kita dapat gambarkan garis dari tengah ke ujung-ujung bidang yang melambangkan penopang. Panjang garis tersebut tidak semua sama, melainkan ada tiga tipe panjang garis yang membentuk bola sepak tersebut. Garis A, yaitu garis dari tengah ke ujung bidang pentagonal. Garis B, garis luar dari bidang heksagonal dan pentagonal. Garis C, garis dari tengah ke ujung bidang heksagonal. Garis pada bola sepak dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2.5. Tiga tipe garis pada bola sepak

Panjang dari ketiga tipe garis yang melambangkan pipa baja tersebut dapat dicari dengan rumus berikut.

$$\text{Jari-jari kubah} = \frac{\text{panjang penopang}}{\text{faktor penopang}} \quad (2-1)$$

$$\text{Panjang penopang} = \text{jari-jari kubah} \times \text{faktor penopang} \quad (2-2)$$

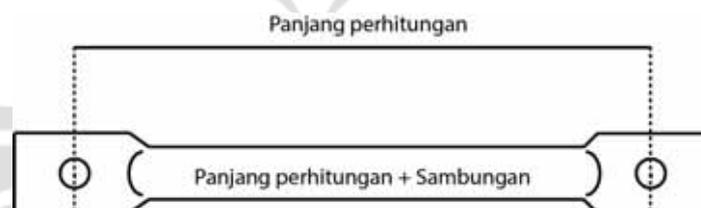
Faktor penopang dari A = 0,3486 ; B = 0,4035 ; C = 0,4124 (Kahn, 1971). Jumlah kebutuhan penopang A, B, dan C masing-masing untuk kubah geodesik 3V 3/8 adalah 30, 40, dan 50 batang.

Penopang - penopang pada struktur kubah geodesik saling bertemu pada sebuah sambungan. Sambungan tersebut menghubungkan empat sampai enam penopang. Total sambungan pada kubah geodesik 3V 3/8 adalah 46 titik. Sambungan digunakan untuk menghubungkan penopang- penopang baja profil pipa tersebut. Berikut adalah gambar contoh sambungan baut pada penopang.

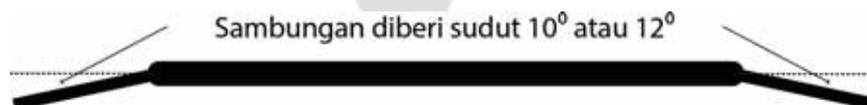


Gambar 2.6. Sambungan baut penopang baja profil pipa

Dengan adanya lubang untuk sambungan baut di ujung penopang, maka panjang penopang akan ditambah pada kedua ujungnya agar panjang penopang tetap sesuai rencana. Sambungan pada ujung penopang diberi sudut agar rangkaian dari penopang dapat membentuk sebuah kubah. Masing-masing sudut tersebut adalah $A = 10^{\circ}$; $B = 12^{\circ}$; $C = 12^{\circ}$ (Landry, 2002). Sambungan dan sudut sambungan penopang dapat dilihat pada gambar berikut.



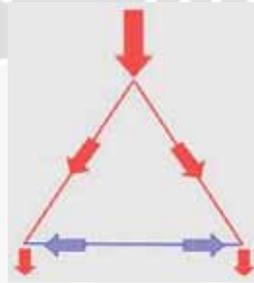
Gambar 2.7. Tambahan panjang sambungan pada penopang



Gambar 2.8. Sudut sambungan pada penopang

2.2. Distribusi Beban Kubah Geodesik

Beban yang terjadi pada kubah geodesik adalah beban aksial tekan dan tarik. Kedua jenis beban tersebut terjadi pada setiap rangka segitiga yang membentuk struktur kubah geodesik. Beban yang terjadi pada rangka segitiga dapat dilihat pada gambar berikut (Robinson, 2007).



Gambar 2.9. Distribusi beban rangka segitiga

Pada gambar dilambangkan warna merah sebagai beban tekan dan warna biru sebagai beban tarik. Dapat dilihat penopang kiri dan kanan pada rangka segitiga menerima beban tekan dan penopang bawah menerima beban tarik. Hal ini terjadi dari puncak hingga dasar dari rangkaian segitiga yang membentuk kubah geodesik.



Gambar 2.10. Distribusi beban kubah geodesik

Pada gambar dapat dilihat beban tarik bergerak secara konsisten yaitu mengelilingi struktur kubah geodesik. Warna merah dan biru semakin memudar dari puncak ke dasar kubah geodesik melambangkan beban tekan dan beban tarik yang semakin kecil. Dasar dari kekuatan kubah geodesik adalah dari pendistribusian beban tersebut. Beban yang terjadi pada satu rangka segitiga diteruskan kepada dua rangka segitiga, masing-masing rangka segitiga tersebut memberikan bebannya kepada dua rangka segitiga selanjutnya, dan prosesnya terus berlanjut hingga dasar kubah geodesik.

2.3. Kelebihan dari Struktur Kubah Geodesik

Berikut adalah beberapa kelebihan dari struktur kubah geodesik yang diambil dari <https://sites.google.com/site/dsdomes/conceptos>.

a. Stabil, kuat, dan kokoh.

Karena bentuknya, struktur kubah geodesik merupakan struktur yang kokoh karena beban yang terjadi akan didistribusikan ke seluruh struktur. Terdiri dari rangkaian segitiga, maka struktur kubah geodesik memiliki stabilitas tinggi. Kubah memiliki distribusi beban yang rata pada tanah dan memiliki pusat gravitasi rendah sehingga memiliki keunggulan dalam menghadapi gempa bumi.

b. Biaya yang lebih rendah.

Kubah merupakan bentuk geometris yang dapat menutup volume besar dengan luas permukaan yang kecil. Hal ini menghasilkan

penghematan material pembangunan untuk menutup ruang yang dapat digunakan dibandingkan dengan bentuk struktur lainnya.

- c. Waktu pembangunan cepat dibandingkan bangunan umum.

Struktur kubah geodesik dapat dibangun dalam beberapa minggu, beberapa hari, bahkan beberapa jam, tergantung dari kompleksitasnya. Juga memungkinkan untuk dibongkar dan dipasang kembali untuk beberapa jenis kubah geodesik.

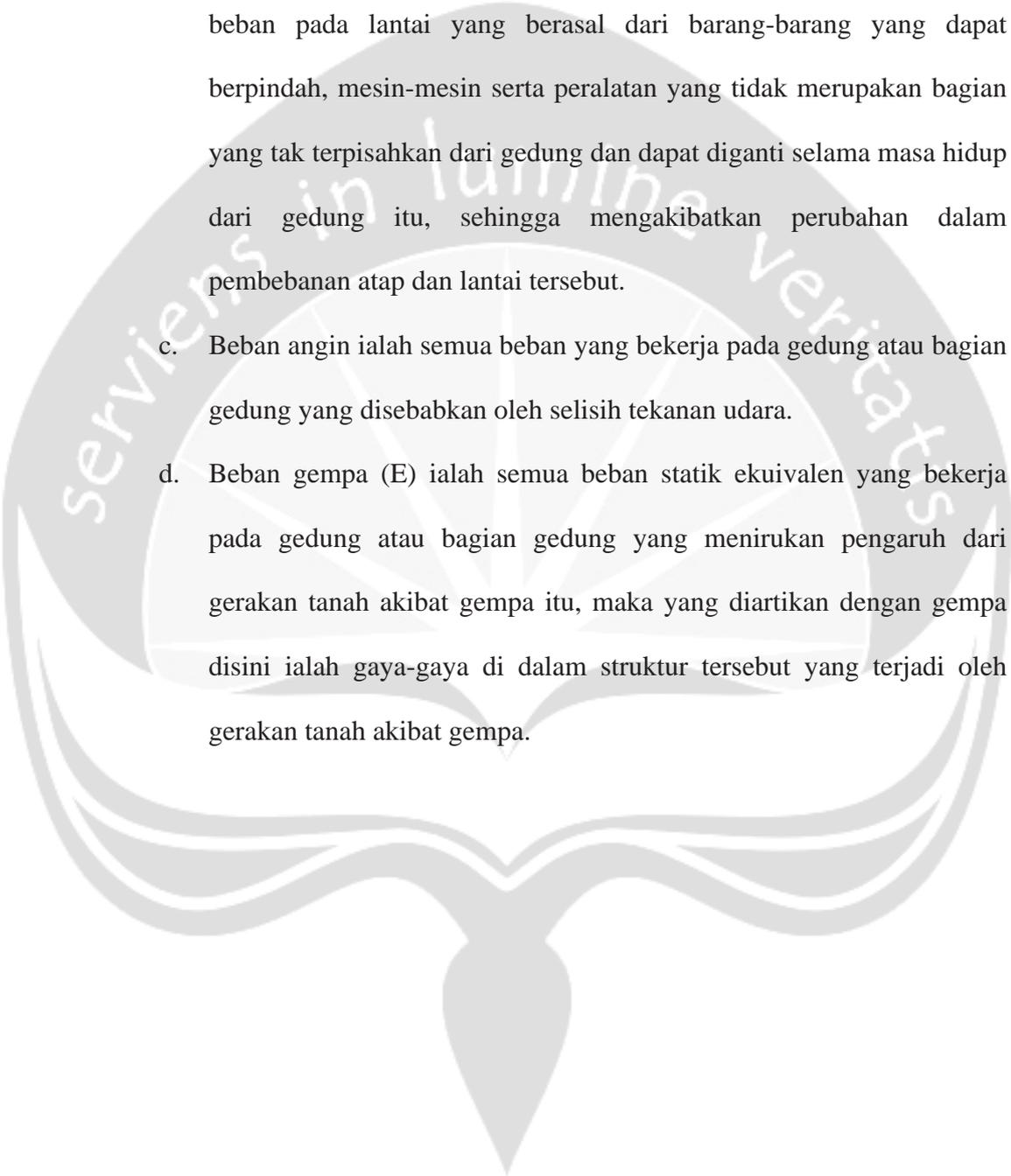
- d. Rasio kekuatan dengan berat struktur yang tinggi.

Karena perbandingan kekuatan dengan berat strukturnya yang tinggi, kubah geodesik termasuk jenis struktur yang ringan.

2.4. Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur merupakan beban yang terjadi pada suatu struktur bangunan yang sesuai dengan peraturan yang berlaku, sehingga menghasilkan bangunan yang aman. Beban yang bekerja dalam suatu struktur adalah beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin. Definisi dari beban-beban tersebut menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1987 adalah sebagai berikut :

- a. Beban mati (D) adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

- 
- b. Beban hidup (L) ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan atap dan lantai tersebut.
 - c. Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara.
 - d. Beban gempa (E) ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu, maka yang diartikan dengan gempa disini ialah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.