

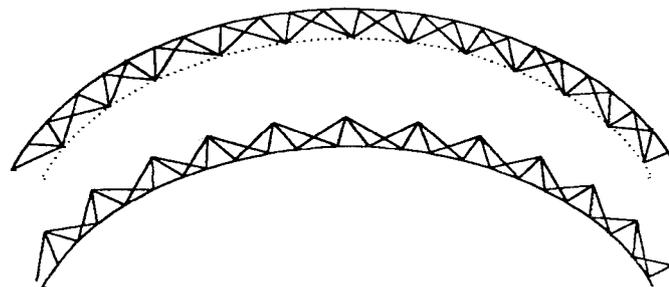
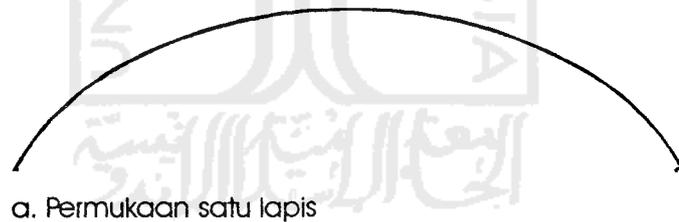
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Struktur Ruang Kubah Satu Lapis

Struktur ruang adalah rangka tiga dimensi yang terdiri dari batang-batang yang berhubungan satu sama lain secara kaku sehingga menjadi stabil dan dapat menahan gaya-gaya yang bekerja dari segala arah (Gillespie, 1961).

Struktur ruang kubah satu lapis adalah struktur ruang dimana joint-jointnya terletak pada bidang kubah. Sedangkan struktur ruang kubah dua lapis adalah struktur ruang dimana jointnya terdapat pada dua bidang sepusat.



b. Permukaan dua lapis

Gambar 2.1 (a) Kubah permukaan satu lapis, (b) Kubah permukaan dua lapis

2.2 Jenis-Jenis Kubah

Kubah diklasifikasikan berdasarkan cara perakitan batang-batangnya.

Banyak pola perakitan yang digunakan, tetapi secara garis besar dibagi atas :

1. Kubah Schwedler

Kubah terdiri dari batang-batang meridian yang pada bertemu pada puncak kubah dan ring paralel yang terletak secara horisontal dan memiliki pembagian panjang yang sama. Batang-batang tersebut dijepit oleh batang diagonal. Kubah ini juga dibuat dengan joint yang kaku.

2. Kubah Lamella

Bagian utama dari kubah ini adalah batang-batang yang membentuk lingkaran paralel yang memiliki panjang yang sama. Lingkaran tersebut kemudian dihubungkan dengan berbagai macam pola penyambungan. Kubah Houston di Amerika Serikat adalah kubah jenis Lamella dengan diameter 200 m.

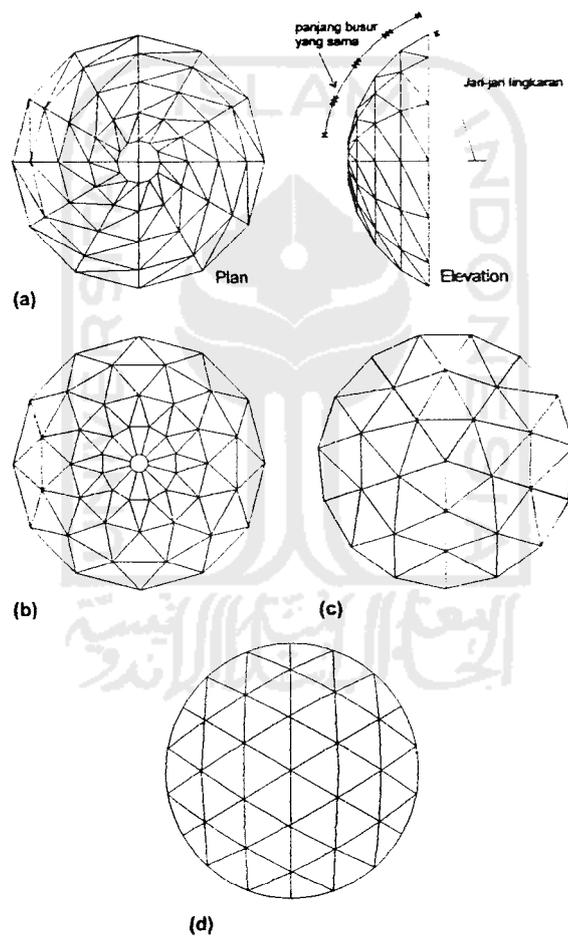
Penyebaran tegangan pada kubah tipe ini sangat seragam, apapun macam bebannya, beban titik atau beban terbagi merata. Tambahan pula Lamella ini dibebani secara langsung yang sangat mengurangi pemakaian bahan. Perakitan kubah Lamella sangat cepat dan membutuhkan perancah sedikit saja. Harga perakitannya tidak mahal merupakan keuntungan yang besar lainnya dari kubah Lamella.

3. Kubah Grid

Kubah ini dibentuk oleh busur yang bersilangan dua atau tiga arah. Busur ini biasanya bagian dari suatu lingkaran yang besar.

4. Kubah Geodesik

Sistem konstruksi kubah ini dikembangkan dan dipatenkan oleh Buckminster Fuller. Kubah ini berdasarkan pada isokahedron dengan 20 bidang yang merupakan suatu segitiga sama sisi lengkung. Segitiga-segitiga ini selanjutnya ditutup dengan suatu busur. Kubah ini terbentuk dari bagian-bagian busur tersebut.



Gambar 2.2 (a) Kubah Schwedler (b) Kubah Lamella (c) Kubah Lamella tipe jaring
(d) Kubah Geodesik

2.2 Beban-Beban yang Bekerja

- a. Beban mati, yaitu berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan itu. Beban mati terdiri dari berat penutup, berat struktur, dan berat alat sambung.
- b. Beban hidup, adalah semua beban yang terjadi akibat penggunaan atap tersebut.
- c. Beban angin, adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

Beban gempa dalam disain struktur ruang ini tidak diperhitungkan, karena tugas akhir ini hanya mendisain atap yang merupakan bagian dari suatu bangunan. Sedangkan beban gempa diperhitungkan pada perencanaan balok dan kolom bangunan. Selain itu karena *fiber glass* yang digunakan sebagai penutup atap memiliki berat yang sangat ringan sehingga berat struktur keseluruhan menjadi ringan dan memperkecil pengaruh beban gempa.

2.3 Gambaran Program SAP90

Program SAP 90 digunakan untuk mencari gaya-gaya batang dan momen yang terjadi. Pengolahan data untuk program analisis struktur pada dasarnya meliputi : (1) penggambaran struktur geometri, dan (2) mendefinisikan kondisi beban statik dan atau dinamik yang diperlukan untuk analisis. Penggambaran struktur geometri dilakukan dengan memasukan data join dan elemen struktur ke dalam input data. Data join meliputi koordinat join dengan sistem sumbu x, y dan z,

perletakan struktur dan berat join. Sedangkan data elemen meliputi penomoran elemen, jenis material dan beban elemen. Beban struktur diberikan dalam bentuk beban statik dan atau dinamik ke dalam *Loads Data* dan *Response Spectrum Data* serta *Time History Data*.

Untuk memproses data digunakan file SAP90, untuk melihat gambar geometri digunakan file SAPLOT dan gaya-gaya batang beserta momen dapat dilihat melalui file F3F.

2.4 Perhitungan Kekuatan Batang

Perhitungan kekuatan batang pada perencanaan ini menggunakan ketentuan dari AISC. Gaya-gaya yang diperhitungkan adalah gaya-gaya batang yang diperoleh dari perhitungan program SAP90. Gaya batang yang dihasilkan dari program SAP90 adalah gaya aksial, normal, torsi dan momen arah x dan arah y. Rumus yang digunakan adalah persamaan interaksi untuk perencanaan balok-kolom dengan metode elastis yang dikemukakan dalam pasal 1.6.1 AISC manual 1980.

Batang-batang yang mendukung kombinasi tekan dengan lentur harus memenuhi persamaan berikut ini :

Untuk batang tekan :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{(1 - f_a/F'_{ex}) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{(1 - f_a/F'_{ey}) F_{by}} \leq 1 \quad (1)$$

$$\frac{f_a}{0,6.F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (\text{AISC}) (2)$$

Jika $f_a/F_a \leq 0,15$ digunakan persamaan :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (\text{AISC}) (3)$$

Pada persamaan diatas, indeks x dan y dikombinasikan dengan b, m dan e

menunjukkan sumbu lentur :

$$F_a = \frac{F_y}{FS} \left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2} \right]$$

= tegangan ijin desak aksial pada luas bruto pada kondisi beban kerja

$$FS = \text{faktor keamanan}$$

$$= \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \frac{(KL/r)^3}{(C_c)^3} \quad \text{bila } KL/r \leq C_c$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \quad \text{bila } KL/r > C_c$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$$

$$F_b = \text{tegangan ijin akibat lentur, untuk penampang bentuk pipa.}$$

$$= 0,66 F_y$$

$$F'_e = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 (K.L_b/r_b)^2}$$

= tegangan Euler dibagi dengan faktor aman

$$f_a = \text{tegangan akibat beban tekan aksial yang terjadi}$$

$$f_b = \text{tegangan lentur yang terjadi}$$

C_m = koefisien momen, nilainya ditentukan dengan cara berikut :

1. Untuk batang tekan di dalam rangka joint translasi (bergoyang) = 0,85
2. Untuk batang tekan pada rangka yang dikekang

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot M_1/M_2 \geq 0,40$$

Rasio M_1/M_2 positif untuk lengkung dua arah dan negatif untuk lengkung tunggal.

$$|M_1| \leq |M_2|$$

Untuk batang tarik :

$$\frac{f_a}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (\text{AISC}) (4)$$

f_a = tegangan akibat beban tekan aksial yang terjadi

F_t = tegangan ijin akibat gaya tarik aksial yang tidak boleh lebih dari 0,6. F_y pada A_g (luasan total) atau 0,5. F_u pada A_{ef} (luas efektif).

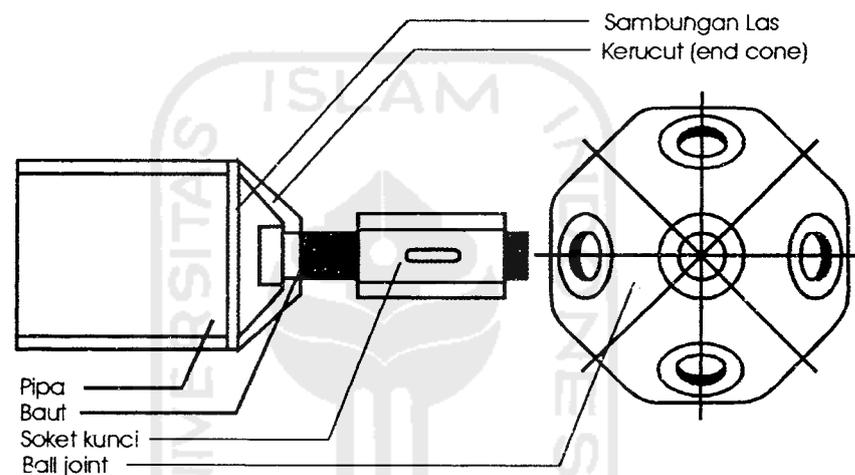
Untuk beban tetap persamaan interaksi harus ≤ 1 . Untuk beban tetap + beban sementara persamaan interaksi $\leq 1,25$.

2.4 Sistem Penyambungan

Sistem penyambungan yang umum digunakan pada struktur ruang adalah sambungan sistem Mero. Sambungan ini terdiri sebuah bola baja berulir dimana ujung batang rangka ruang disekrup kedalam bola baja tersebut dengan sebuah

konektor ujung yang khusus. Batangnya biasanya berupa pipa (*circular hollow section*). Sebuah titik simpul dapat menerima ujung dari 18 batang tanpa kesukaran.

Sistem Mero sangat luwes dan mengetengahkan prefabrikasi secara maksimum. Pemasangan batang dapat dilaksanakan oleh pekerja bukan ahli tanpa kesukaran apapun, di bawah pengawasan seorang teknisi, sehingga menghemat waktu dan biaya.



Gambar 2.3 Sistem Sambungan Mero (Ball Joint)

Sebagai alat sambung dari sistem Mero ini adalah bola-bola baja. Untuk menghubungkan batang-batang dengan bola baja tersebut, dipakai baut yang mana baut ini menyatu pada kedua ujung tiap batang. Dalam hal ini baut menderita gaya aksial, sehingga dalam perencanaan ukuran baut diperlukan rumus-rumus yang berbeda jika baut direncanakan menderita gaya geser.

Kekuatan baut dan mur terletak pada ulirannya. Dengan demikian tinggi mur dapat dicari dari jumlah uliran yang mampu menahan gaya aksial yang terjadi. Tinggi mur inilah yang merupakan tebal dari bola baja. Tinggi baut = $(0,8 - 1) D$

Untuk merencanakan ukuran baut dan mur digunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (\text{AISC}) (15)$$

f_a = Tegangan baut akibat gaya aksial

$$= P/A_{\text{baut}}$$

f_b = Tegangan baut akibat momen

$$= M_{\text{max}}/S_{\text{baut}}$$

F_a = Tegangan ijin aksial baut

$$= 0,33 F_u$$

F_b = Tegangan ijin lentur baut

$$= 0,66 F_y$$

