BAB III

STRUKTUR BALOK GRID

3.1 Umum

Ditinjau dari umur teori, konstruksi dan pemakaiannya balok grid sudah banyak digunakan pada gedung-gedung di Indonesia. Jadi struktur dengan menggunakan balok grid ini bukanlah sistim struktur yang baru. Struktur dengan menggunakan balok grid ini adalah merupakan salah satu alternatif teknis dan arsitektural untuk memberikan kekakuan dan menambah kekuatan pada pelat lantai, disamping dengan menambah ukuran tebal pelat, dan menggunakan balok konvensional.

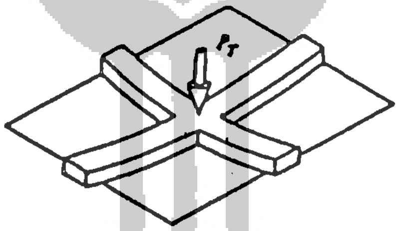
Beberapa keuntungan dari konstruksi yang menggunakan balok grid ditinjau dari segi struktur dan perancangan arsitektur adalah :

1. Mempunyai kekakuan yang besar, terutama pada bentang yang lebar, sehingga dapat memberikan kekakuan arah horizontal yang lebih besar pada portal bangunannya.
2. Dapat mendistribusikan beban dan momen pada kedua arah bentangnya secara merata.
3. Mempunyai fleksibilitas ruang yang cukup tinggi dan simpel sehingga lebih luwes dalam mengikuti pembagian panel-panel eksterior maupun partisi interiornya.

4. Pada struktur dengan menggunakan balok grid ini dapat mengurangi jumlah kolomnya sehingga dapat memberi ruang yang lebih luas.

3.2 Sistem Grid pada Pelat Lantai

Sistem grid pada pelat lantai yang dimaksud adalah terdiri dari elemen-elemen linier kaku, seperti balok beton yang dapat dimodelkan saling silang dalam arah mendatar seperti terlihat pada gambar 3.1. Dengan anggapan pada titik hubungnya bersifat kaku ("rigid"). Momen dan gaya geser yang terjadi pada struktur grid seperti ini, dapat dibagikan secara merata pada masing-masing balok.



Gambar 3.1 Sistem grid

Pada sistem balok grid melintang sederhana yang keempat sisinya seperti terlihat pada gambar 3.1. , jelas bahwa selama dimensi baloknya benar-benar sama, maka beban akan sama di sepanjang kedua balok (setiap balok akan memikul setengah dari beban total dan meneruskan ke tumpuannya). Apabila balok-balok tersebut tidak sama, maka bagian terbesar dari beban akan dipikul oleh balok yang lebih kaku.

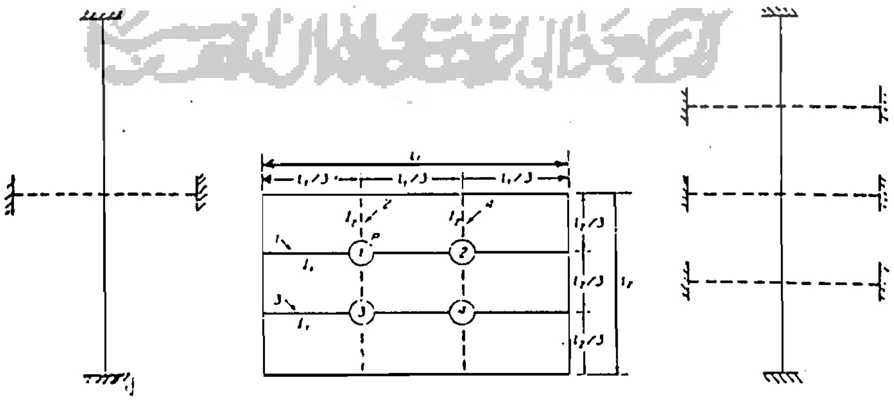
Untuk balok yang panjangnya tidak sama, maka balok yang lebih pendek akan menerima bagian beban lebih besar dibandingkan dengan yang diterima oleh balok panjang karena balok ini lebih kaku. Agar defleksi kedua balok itu sama, maka diperlukan gaya lebih besar pada balok yang lebih pendek.

3.3 Berbagai Bentuk Balok Grid

Secara umum bentuk balok grid dalam mendukung pelat dapat dibedakan menjadi beberapa bentuk :

a. Sistem grid persegi

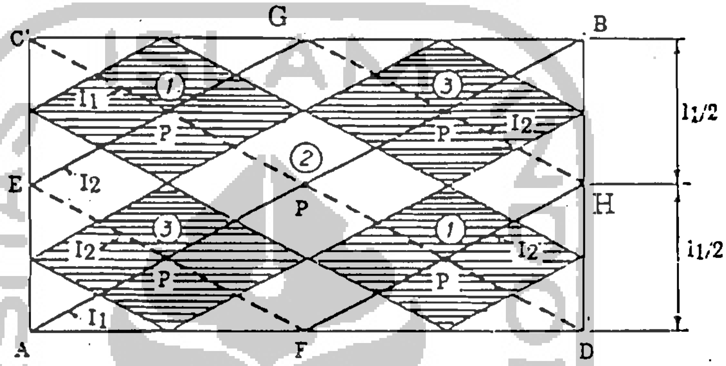
   Sistem grid persegi dibentuk oleh dua buah balok yang saling bersilangan tegak lurus satu terhadap yang lain. Dapat terdiri dari hanya satu balok atau beberapa balok yang mempunyai sifat utama mendistribusi beban dalam dua arah. Bentuk dari sistem grid persegi ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Sistem grid persegi

b. Sistem grid miring / diagonal

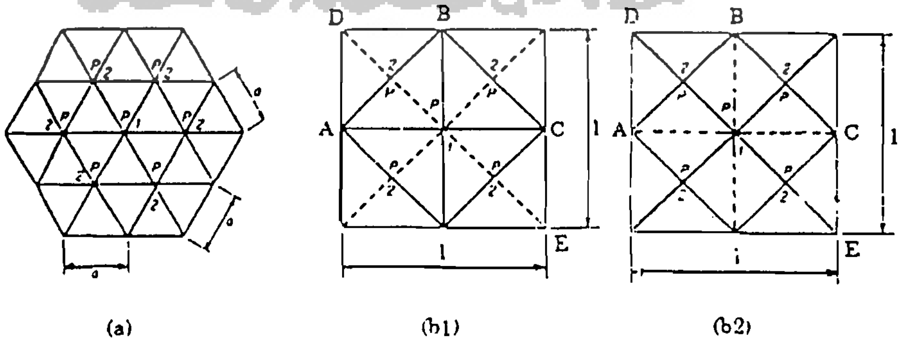
Pada sistem ini arah balok tidak saling tegak lurus, tetapi miring sehingga membentuk diagonal yang saling berpotongan. Balok-balok diagonal ini walaupun mempunyai panjang yang tidak sama (L1 ≠ L2) tetapi selalu mempunyai panjang bentang yang sebanding.



Gambar 3.3 Sistem grid miring

c. Sistem grid majemuk / kompleks

Pada sistem grid majemuk seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4 satu titik simpul dapat di lewati oleh lebih dari satu balok atas atau balok bawah.



Gambar 3.4 Sistim grid majemuk

3.4. Analisis Mekanika Balok Grid dengan Metode Kekakuan

Struktur rangka terdiri dari atas beberapa elemen garis. Untuk menerapkan metode kekakuan terhadap struktur tersebut maka diperlukan pengetahuan tentang perilaku elemen garis tersebut dibawah beban. Disini akan ditinjau hubungan antara bentuk batang yang berubah akibat beban yang bekerja pada ujung - ujungnya. Umumnya, sebuah elemen garis dapat mengalami tiga macam deformasi, yaitu deformasi aksial (axial), deformasi puntir (torsional) dan deformasi lentur (flextural).

Deformasi aksial didapat dari persamaan sebagai berikut :

$\delta = P.L / E . A$

Dan deformasi torsional didapat dari persamaan :

$\phi = T.L / G . J$

$G = E / \{2 (1 + \gamma)\}$

$J = (1 / 3). b. h^3 \longrightarrow$ untuk balok persegi pejal

Dimana P = Gaya aksial

L = Panjang Batang

E = Modulus Elastisitas

A = Luas Tampang

T = Gaya Torsional

G = Modulus Geser

J = Modulus Torsi

γ = Konstanta Poisson's

Untuk persyaratan stabilitas maka suatu struktur selalu dikekang pada satu atau lebih node. Kekangan ini dikenal sebagai kondisi batas yang berpengaruh terhadap pengurangan DOF (Degree of Freedom) node yang dikekang. Jumlah DOF suatu struktur adalah hasil kali antara jumlah node dengan nodal DOF, dikurangi dengan jumlah komponen displacement yang dikekang.

Sistem sumbu batang yang dipakai dalam perhitungan disini adalah bahwa sumbu z batang harus beerimpit dengan sumbu z global. Sehingga gaya maupun lendutan pada arah z akan sama pada kedua sistem sumbu yang menyebabkan tak diperlukannya transformasi. Walaupun demikian transformasi untuk rotasi dan momen antara sumbu X dan Y batang dengan sumbu X dan Y global tetap diperlukan. Secara umum sumbu X batang akan terletak membentuk sudut terhadap sumbu X koordinat.

Tanda untuk momen dan rotasi terhadap sembarang sumbu ditentukan sebagai positif, jika arahnya berlawanan dengan jarum jam ditinjau dari bawah menuju titik pangkal. Sehingga arah gaya bagian atas untuk kopel positif terhadap sumbu - sumbu X dan Y.

Penentuan persamaan keseimbangan buhul untuk setiap titik buhul akan menghasilkan persamaan simultan yang secara keseluruhan disebut sebagai persamaan kekakuan struktur awal. Penerapan kondisi batas menghapuskan beberapa persamaan dan penyelesaian terhadap sistem persamaan yang telah berkurang ini dikenal sebagai persamaan kekakuan akhir yang menghasilkan deformasi buhul yang dicari. Kemudian lendutan buhul ini ditransformasikan ke sistem sumbu batang sehingga akan diperoleh gaya - gaya ujung batang.

Untuk lebih jelasnya berikut diberikan langkah-langkah dalam menyelesaikan mekanika balok grid dengan menggunakan metode kekakuan :

1. Menentukan matrik transformasi

$$C = \cos\theta = \frac{x_2 - x_1}{L^1}$$

$$S = \sin\theta = \frac{y_2 - y_1}{L^1}$$

$$T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C & S & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -S & C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C & S \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -S & C \end{vmatrix}$$

2. Menentukan matrik transfose

$$T^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C & -S & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S & C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C & -S \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S & C \end{vmatrix}$$

3. Menyusun Member Code (MCODE)

Member code adalah nomor derajat kebebasan yang terjadi dalam satu elemen. Dengan kata lain derajat kebebasan merupakan kebalikan dari restrains yang terjadi atau terkekang dalam satu member. Jika terkekang nilainya nol dan jika tidak terkekang atau bebas nilainya adalah 1 untuk sumbu x , 2 sumbu z dan 3 sumbu y.

4. Menghitung matrik kekakuan pada sistem koordinat lokal

$$K' = \left|\begin{array}{ccc:ccc} 12EI/L^2 & 0 & -6EI/L^2 & -12EI/L^2 & 0 & 6EI/L^2 \\ 0 & GJ/L & 0 & 0 & -GJ/L & 0 \\ -6EI/L^2 & 0 & 4EI/L & 6EI/L^2 & 0 & 2EI/L \\ \hdashline -12EI/L^2 & 0 & 6EI/L^2 & 12EI/L^2 & 0 & -6EI/L^2 \\ 0 & -GJ/L & 0 & 0 & GJ/L & 0 \\ -6EI/L^2 & 0 & 2EI/L & -6EI/L^2 & 0 & 4EI/L \end{array}\right|$$

5. Matrik kekakuan pada koordinat global :

   $K^n = T^T * K' * T$

6. Koordinat global disesuaikan dengan MCODE , dimana baris dan kolom yang mempunyai MCODE = 0 maka dihilangkan untuk mempermudah perhitungan selanjutnya.

7. Sehingga didapatkan matrik kekakuan koordinat global.

8. Hitung setiap element dengan cara diatas.

9. Setelah hasil K^n didapat pada setiap elemen maka jumlahkan .

   $K = K^1 + K^2 + \ldots\ldots\ldots + K^N$

   dimana K adalah matriks kekakuan sistem struktur.

10. Hitung : $F = K * D$

    yang dicari adalah D ,dimana :

a. D adalah besarnya deformasi pada NNODE

Berupa : $\begin{vmatrix} \Delta_z \\ \theta_x \\ \theta_y \end{vmatrix}$

b. F adalah gaya - gaya yang terjadi dalam NNODE

Berupa : $\begin{vmatrix} F_{1z} \\ M_{1x} \\ M_{1y} \end{vmatrix}$

c. K adalah matriks kekakuan sistem struktur

11. Menghitung gaya - gaya batang

Didalam hal ini matrix dijabarkan menjadi dimensi 6 x 6 karena akan menghitung tiap gaya batang antara joint " i " dan joint " j ".

Gaya - gaya batang

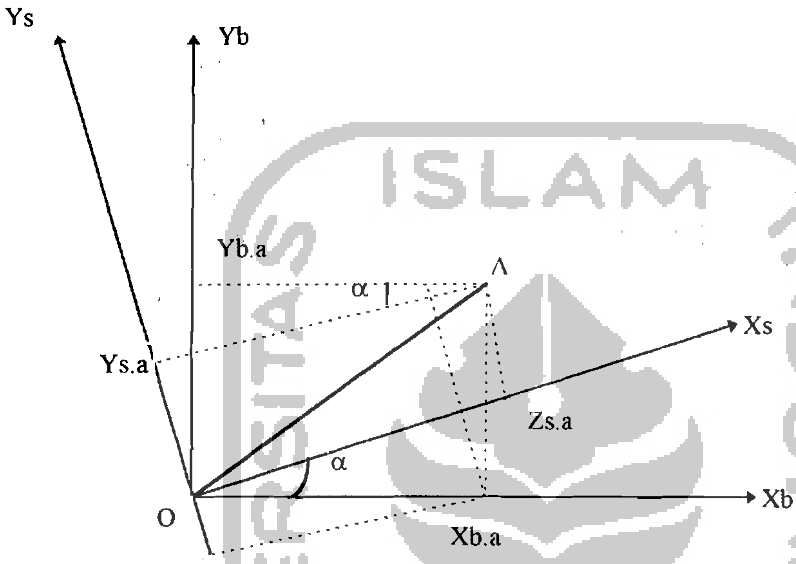
$$\{ d \} = \{ T \} * \{ D \}$$

$$\{ f \} = [K'] * \{ d \}$$

Sehingga didapatkan gaya - gaya batang sebesar { f }:

$$f = \begin{vmatrix} f_{1z} \\ m_{1x} \\ m_{1y} \\ f_{2z} \\ m_{2x} \\ m_{2y} \end{vmatrix} \begin{matrix} \longrightarrow \text{Defleksi} \\ \longrightarrow \text{Moment arah x} \\ \longrightarrow \text{Moment arah y} \\ \longrightarrow \text{Defleksi} \\ \longrightarrow \text{Moment arah x} \\ \longrightarrow \text{Moment arah y} \end{matrix}$$

Suatu struktur mungkin mempunyai elemen yang tidak terletak pada satu bidang. Bila terjadi kondisi ini maka elemen tersebut perlu ditransformasikan secara linier supaya sesuai dengan susunan sumbu koordinat yang diambil untuk keseluruhan struktur.



Gambar : Sistem Transformasi Secara Linier

Dari gambar terlihat unsur-unsur vektor A pada sumbu batang (Xb - Yb) yang memiliki hubungan dengan unsur-unsur vektor A pada sumbu struktur (Xs - Ys). Secara matematis hubungan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} Xs\,a \\ Ys\,a \\ Zs\,a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Xb\,a \\ Yb\,a \\ Zb\,a \end{bmatrix}$$

Dengan demikian matrix diatas merupakan matrix Transformasi [T] yang diperlukan untuk mengubah siste koordinat lokal menjadi koordinat global. Dalam Tugas Akhir ini kami memberi sistem koordinat Global sebagai berikut :