

BAB 3

ANALISIS DAN DESAIN

3.1. Uraian Umum

Analisis dan desain balok-rusuk yang menumpu pada balok gelagar dan mendukung beban gravitasi, dilakukan dengan cara menghitung pelat berusuk dua arah dengan asumsi tumpuan terjepit pada balok secara kaku, luasan berbentuk segi empat berukuran $3 \times 3 \text{ m}^2$, menerima beban gravitasi yang terdiri dari beban hidup $2,5 \text{ kN/m}^2$ dan berat pelat itu sendiri. Dari perhitungan pelat berusuk itu, balok-rusuk dapat dianalisis dan didesain.

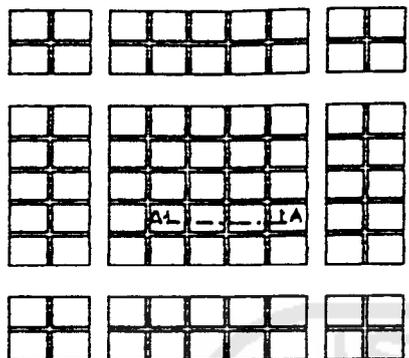
Pelat berusuk dua arah yang ditumpu pada balok-balok kaku terdiri dari sistem pelat yang ditumpu rusuk-rusuk yang membujur dan melintang satu sama lain, sehingga terbentuk sudut siku-siku pada pertemuan rusuk-rusuknya. Karena rusuk-rusuk beton dicor monolit, maka pada pertemuan tersebut terjadi buhul yang kaku, sehingga secara keseluruhan terjadi sistem *grid* (balok-silang) yang mendukung pelat. Pada sistem *grid* ini, setiap buhul akan mempunyai 3 derajat kebebasan sesuai dengan lendutan yang terjadi yaitu 2 rotasi dalam arah X dan Y serta 1 translasi dalam arah Z, lihat gambar 3.1. Mengingat banyaknya derajat kebebasan pada tiap buhul, dan banyaknya buhul dalam satu sampel, maka akan didapat banyak persamaan simultan dalam satu sampel. Apabila dipakai analisis struktur manual, akan timbul kesulitan-kesulitan dalam menyelesaikan persamaan-persamaan yang dihasilkan, mengingat hal ini maka dalam menganalisis gaya dalam maupun lendutan yang



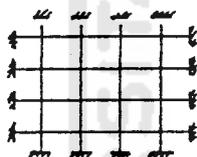
dihasilkan digunakan program Microfeap P2.

Untuk menggunakan program ini maka data struktur yang harus diketahui adalah:

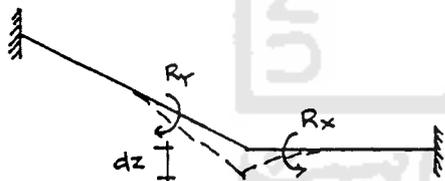
1. jumlah, nomor, koordinat buhul dan tumpuan terhadap sumbu X,Y,
2. perilaku lendutan buhul dan tumpuan terhadap sumbu X,Y,Z,
3. nomor batang dan lokasi batang terhadap nomor buhul/tumpuan,
4. data tampang material, yaitu meliputi:
 - a. *Modulus Elastisitas* (E) bahan yang digunakan,
 - b. *Luas Tampang (Axial Area)* bahan yang digunakan,
 - c. *Momen Inersia* bahan,
 - d. *Modulus Geser* (G) bahan,
 - e. *Modulus Torsi* (J) bahan,
5. data beban dan arahnya terhadap sumbu koordinat yang bersangkutan.



A. Waffle-Slab ditumpu balok kaku



B. Struktur grid untuk analisis mekanika rusuk waffle-slab



C. Deformasi buhul pada sistem grid

Gambar 3.1 Waffle-slab dan struktur pendukungnya

3.2. Tinjauan Terhadap Lentur

Struktur balok-rusuk merupakan balok beton bertulang yang dicor monolit dengan pelat di atasnya, sehingga analisis lenturnya dapat dianggap sebagai balok T pada daerah momen positif, dan balok persegi pada daerah momen negatif. Adapun urutan analisis dan desain lentur adalah dengan menyediakan data dimensi balok-rusuk yang ditinjau, kuat desak beton (f'_c), kuat tarik baja (f_y), dan momen ultimit hasil dari hitungan mekanika (M_u). Dari data-data yang telah ada tersebut, kemudian dihitung momen nominal, rasio luas tulangan tarik terhadap penampang bruto beton baja (ρ), dan reaksi nominal akibat momen pada penampang (R_n). Setelah hasil hitungan di atas diperoleh, dilanjutkan dengan menentukan dimensi tulangan dan jumlahnya.

Untuk perhitungan lentur tersebut, digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$M_n = M_u / \phi$$

$$R_n = M_n / (b d^2)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y$$

$$\rho = 1/m \times (1 - \sqrt{1 - 2 m R_n / f_y}),$$

$$\text{dengan } m = f_y / (0,85 f'_c)$$

Apabila $\rho < \rho_{\min}$, pendesainannya adalah tulangan tunggal dengan $\rho = \rho_{\min}$.

$$A_s = \rho b d.$$

Secara sistematis dapat dilihat pada gambar 3.2.

3.3. Tinjauan Terhadap Geser

Analisis dan desain geser dimulai dengan menyediakan data: dimensi balok yang dianalisis, kuat desak beton (f'_c), kuat tarik baja (f_y), dan gaya geser yang diperoleh dari hitungan mekanika (V_u). Setelah data-data tersebut tersedia, kemudian dihitung gaya geser nominal yang harus disediakan oleh penampang (V_n), kuat geser yang disumbangkan oleh beton (V_c), dan dilanjutkan dengan menentukan dimensi tulangan geser. Apabila $V_n < V_c$, maka gaya geser yang terjadi pada balok-rusuk (V_u) dapat diabaikan.

Untuk perhitungan geser tersebut digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$V_n = V_u / \phi$$

$$V_c = 1,1 bw d \sqrt{f'_c} / 6$$

Apabila $V_c > V_n$, pendesainan tidak perlu menggunakan tulangan geser.

Secara sistematis, analisis dan desain geser dapat dilihat pada gambar 3.3.

3.4. Tinjauan Terhadap Torsi

Analisis dan desain torsi dimulai dengan menyediakan data: gaya torsi ultimit yang diperoleh dari hitungan mekanika (T_u), gaya geser yang diperoleh dari hitungan mekanika (V_u), kuat tarik baja (f_y), dan dimensi dari balok yang ditinjau. Setelah data-data tersebut tersedia, kemudian dihitung torsi yang disumbangkan oleh penampang beton (T_c), dan dimensi tulangan torsi serta jarak

tulangannya.

Untuk perhitungan torsi tersebut, digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$T_n = T_u / \phi$$

$$T_{ct} = \sqrt{f'_c} / 9 \Sigma(X^2Y) / 3, \quad T_u = T_{ct}$$

$$T_c = \frac{\sqrt{f'_c} / 15 \Sigma(X^2Y)}{\sqrt{1 + \left| \frac{0,4 V_u}{C_t \cdot T_u} \right|^2}},$$

$$\text{dengan } C_t = \frac{b_w d}{\Sigma(X^2Y)}$$

Jika T_c maupun $T_n < 1/20 \sqrt{f'_c} \Sigma(X^2Y)$, tidak memerlukan tulangan torsi.

$$T_s = T_c / \phi - T_c$$

Jika $T_s > 4T_c$, perbesar dimensi.

$$a = (2 + Y/X) / 3$$

$$a < 1,5$$

$$S = \frac{A_t a X Y}{T_s},$$

$$S_{\max} = \frac{X_1 + Y_1}{4},$$

$S_{\max} = 300$, dipilih S yang terbesar.

$$A = 2 A_t (X_1 + Y_1) / S,$$

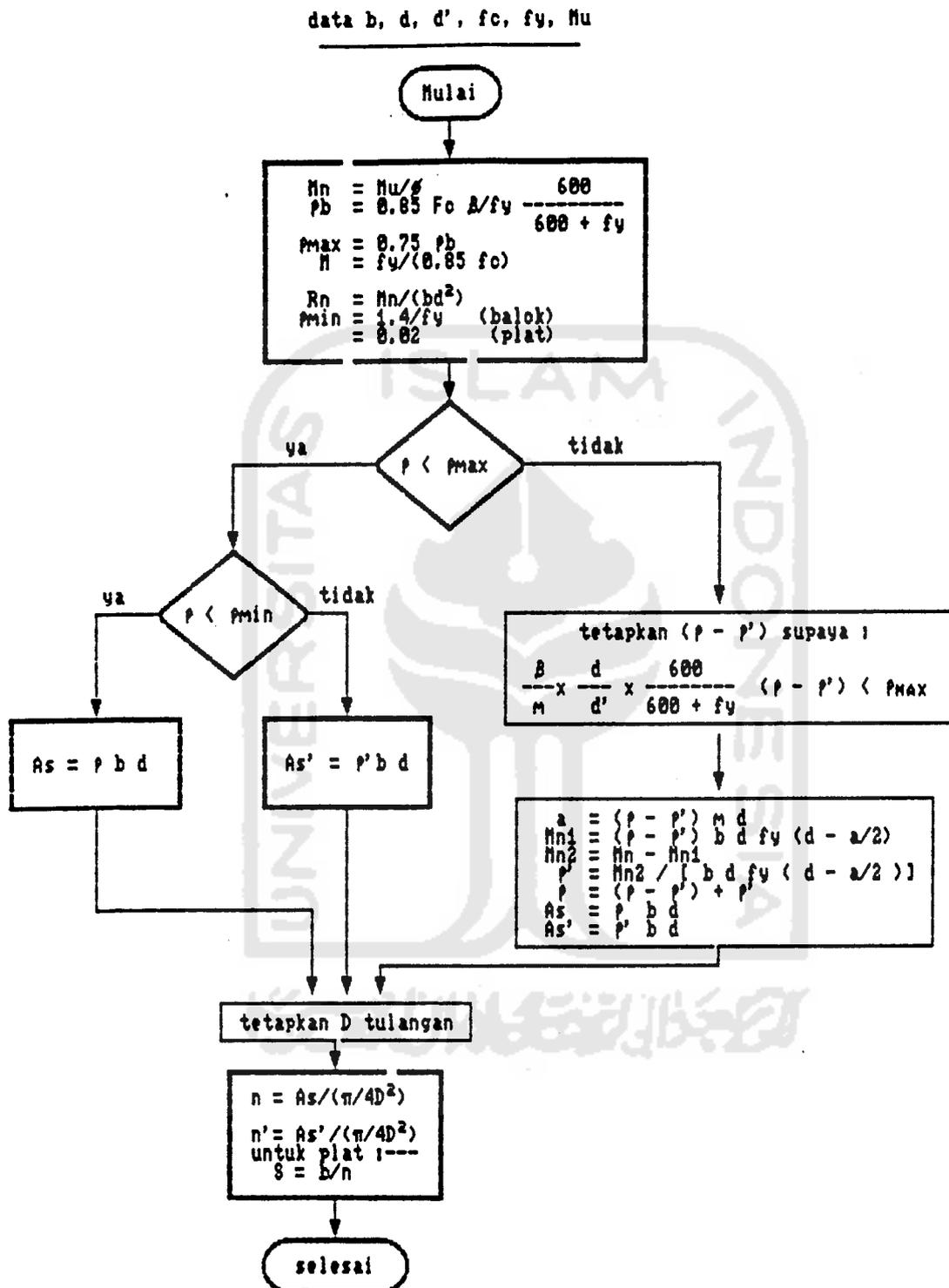
$$A = \left[\frac{2,8 X S}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + V_u/3(Ct)} \right] - 2 A_t \right] \cdot \left[\frac{X1 + Y1}{S} \right]$$

$$A = \left[\frac{2,8 X S}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + V_u/3(Ct)} \right] - \frac{bw S}{3 f_y} \right] \cdot \left[\frac{X1 + Y1}{S} \right]$$

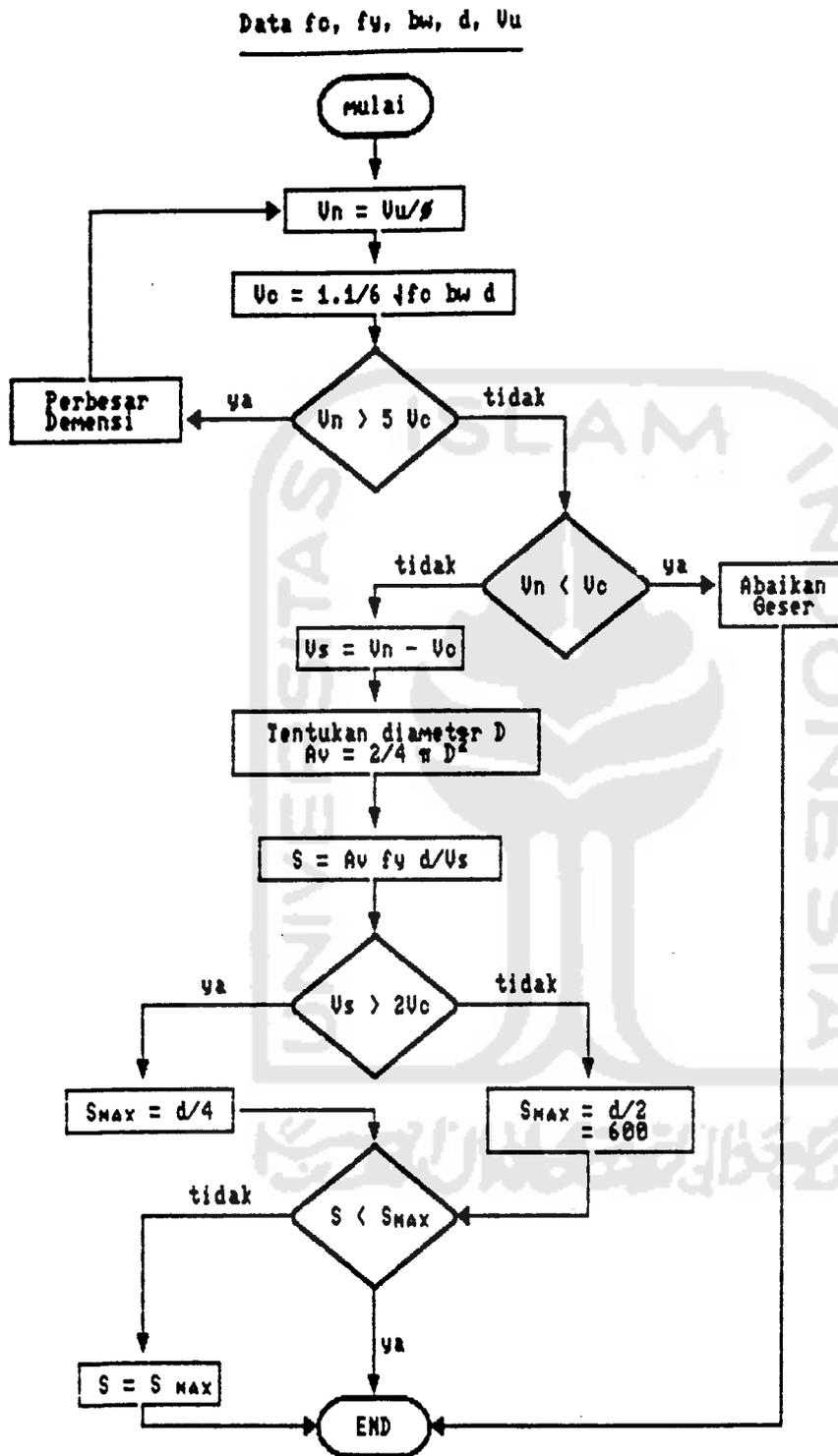
dipilih A yang terbesar.

Secara sistematis, analisis dan desain torsi dapat dilihat pada gambar 3.4.





Gambar 3.2 Diagram alir desain lentur



Gambar 3.3 Diagram alir desain geser (rusuk)

Data : $I_u, U_u, f_y, b_w, d, X, Y, x_1, y_1$

