

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Menurut Chu Kia Wang dan Charles G Salmon (1986), konstruksi lantai berusuk (*ribbed-slab*) adalah konstruksi lantai *joist* satu arah terdiri dari rusuk-rusuk (*ribs*) yang ditempatkan dengan jarak yang beraturan dan dicor monolit dengan pelat lantai atas dan dipasang membentang di satu arah. Sistem yang demikian juga dapat direncanakan sebagai sistem dua arah (*waffle-slab*)^[1].

Menurut Paul F Rice dan Edward S Hoffman (1973), konstruksi balok-rusuk bertulang terdiri dari kombinasi monolit antara rusuk-rusuk dengan jarak beraturan dan pelat di atasnya. Konstruksi ini bisa dibentuk permanen atau pengisi yang dapat dibuka dan dipakai kembali diantara rusuk-rusuk (*joists*) yang disusun dalam bentangan satu arah atau dua arah. Konstruksi *joist* dua arah dengan dua bentangan yang bersilangan disebut juga konstruksi *waffle-slab* harus sesuai dengan syarat-syarat dari *Chapter 13 of the 1971 Code* untuk sistem-sistem pelat yang diperkuat lentur lebih daripada konstruksi satu arah. Konstruksi *joist* satu arah dengan rusuk-rusuk paralel untuk satu bagian harus sesuai dengan syarat-syarat analisa dan desain dari *Chapter 8 of the 1971 Code* yang akan dibahas didalamnya^[2].

Menurut Phil M Ferguson (1986), balok lantai menurut definisi dalam Kode 8.11.1 adalah terdiri dari : "suatu kombinasi yang monolitik dari rusuk-rusuk dengan jarak yang teratur dan suatu

pelat lantai atas, yang disusun menjadi bentang dalam satu arah atau dua arah yang ortogonal". Jarak bersih dibatasi sampai 800 mm dan setiap jarak yang lebih lebar tidak diperkenankan. Dua kelonggaran desain dibuat untuk balok-balok lantai. Karena jaraknya yang rapat balok-balok lantai dapat membagikan beban yang berlebihan setempat kepada balok-balok lantai yang berdekatan dengan balok lantai tipikal. Oleh karena itu balok lantai dapat didesain untuk tegangan geser yang lebih besar 10 % dari yang diijinkan untuk V_c dalam balok. Balok-balok lantai juga dibebaskan dari ketentuan bahwa sengkang-sengkang harus digunakan di tempat dimana geser melebihi $0,5 V_c$ ^[3].

2.2. Dasar Asumsi Struktur

2.2.1. Struktur Pelat Berusuk

Menurut Chu Kia Wang dan Charles G Salmon, pelat berusuk adalah konstruksi yang terdiri dari pelat yang dicor monolit dengan balok-balok pendukungnya (rusuk-rusuknya) yang mempunyai jarak beraturan, membentang dalam satu atau dua arah. Dimensi dari sistem lantai ini diambil sedemikian sehingga dalam pelatnya hanya dibutuhkan tulangan suhu dan susut^[1].

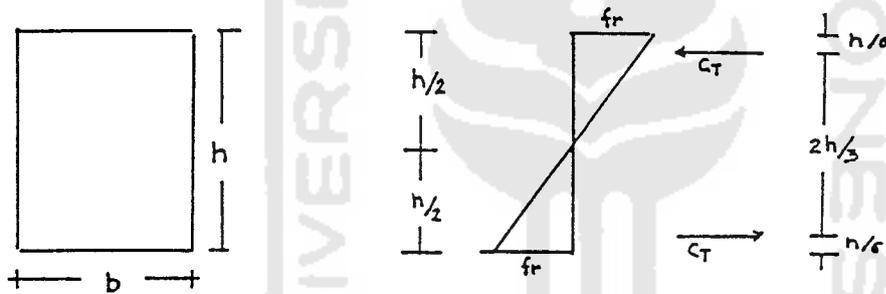
Berdasarkan definisi di atas, maka dapat disimpulkan:

1. pelat berusuk terdiri dari struktur pelat dan struktur rusuk yang dicor monolit,
2. bagian pelat dari struktur pelat berusuk ini harus mempunyai dimensi sedemikian rupa sehingga beton mampu menahan gaya

tekan dan gaya tarik tanpa mengalami keruntuhan akibat beban rencana.

Karena beton merupakan material yang bersifat getas, mampu menahan gaya tekan dalam batas tertentu, namun sangat lemah dalam menerima gaya tarik, maka supaya pada bagian pelat tidak diperlukan tulangan lentur (tarik), ketebalan pelat harus didesain berdasarkan kekuatan beton dalam menerima gaya tarik.

Oleh karena kekuatan beton terhadap gaya tarik diperhitungkan untuk mendesain ketebalan pelat, maka kekuatan penampang beton didesain berdasarkan konsep berikut:



Cambar 2.1 Diagram tegangan tarik pada tampang beton

Menurut SK SNI 1991 3.2.5 Ayat (2) besarnya $f_r = 0,7 \sqrt{f_c}$, namun untuk perencanaan, nilai ini direduksi untuk keamanan desain. Besarnya nilai reduksi ini belum tercantum dalam SK SNI 1991 untuk desain yang memperhitungkan kekuatan beton terhadap tarik, sehingga nilai reduksi ini ditetapkan sebesar 0,75 (hal ini diambil sesuai prosedur desain dalam buku Desain Beton Bertulang oleh Chu Kia Wang dan Charles C Salmon)^[1], sehingga kapasitas

momen tampang (M_T):

$$C_T = 0,75 h/2 f_r b/2 = 0,13125 \sqrt{f'_c} b h \quad (2.1)$$

$$M_T = C_T 2/3 h = 0,08750 \sqrt{f'_c} b h^2 \quad (2.2)$$

Berdasarkan pasal 3.2.3 SK SNI 1991, kuat rancang yang tersedia pada suatu komponen struktur harus diambil sebagai kekuatan nominal yang dihitung dengan mengalikan dengan suatu faktor reduksi kekuatan ϕ , yaitu:

- lentur tanpa beban aksial 0,8
- aksial dan aksial tarik dengan lentur 0,8
- aksial dan aksial tekan dengan lentur:

komponen struktur dengan tulangan spiral maupun

sengkang ikat 0,65.

Mengingat hal ini, maka kekuatan pelat terhadap lentur untuk pelat berusuk (persamaan 2.2) menjadi:

$$M_N = C_T 2/3 h \phi = 0,0875 \sqrt{f'_c} b h^2 \cdot 0,8$$

$$M_N = 0,007 \sqrt{f'_c} b h^2 \quad (2.3)$$

Menurut pasal 8.1.11 SK SNI 1991 tebal pelat dari konstruksi ini minimum:

- a. 40 mm untuk pelat yang dibawahnya terdapat pengisi permanen (pengisi permanen ini diperhitungkan dalam perencanaan kekuatan),
- b. 50 mm untuk pelat tanpa pengisi permanen,
- c. 1/12 jarak bersih antar rusuk.

Selain batasan dimensi pelat, dalam pasal yang sama tulangan dalam pelat harus diberikan (tulangan suhu dan susut) sebesar:

- a. 0,0020 luas tampang bruto beton, bila digunakan tulangan deform mutu 300,
- b. 0,0018 luas tampang bruto beton, bila digunakan tulangan deform atau jaring kawat las (polos atau deform) mutu 400,
- c. 0,35 luas tampang bruto beton, bila digunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar $\frac{0,0018 \times 400}{f_y}$,
- d. dalam segala hal tidak boleh kurang dari 0,0014 luas tampang bruto beton.

Tulangan suhu dan susut dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat atau 500 mm.

Menurut S Timoshenko, lendutan pelat homogen isotropis dipengaruhi oleh beberapa faktor dan dirumuskan sebagai berikut^[4]:

$$w = k \quad q \quad a^4/D \quad (2.4)$$

$$D = E \quad h^3/(12 (1-\nu^2)) \quad (2.5)$$

2.2.2. Struktur Balok-Rusuk (*Joist*)

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. Rusuk-rusuk yang membentang di kedua arah ini pada ujung-ujungnya menumpu pada balok-balok secara monolit, sehingga terbentuk suatu sistem balok *grid* (balok

silang) yang mendukung pelat lantai.

Pengertian balok *grid* secara teknik sendiri adalah struktur yang beban-bebannya dipasang tegak lurus pada bidang struktur, sebaliknya pada portal bidang beban-bebannya dipasang pada bidang struktur. Elemen-elemen *grid* dianggap berhubungan secara kaku, sehingga sudut asli antara elemen-elemen yang dihubungkan bersama pada satu titik nodal tetap tidak berubah. Secara fisik, balok *grid* berupa balok yang bersilangan membentuk kisi-kisi persegi, diagonal, dan majemuk. Dengan pengertian di atas, balok-rusuk merupakan balok *grid* yang secara fisik mempunyai batasan-batasan tertentu.

Konstruksi balok-rusuk pada pelat berusuk, menurut SK SNI 1991 pasal 3.1.11 harus memenuhi batasan berikut:

- a. lebar rusuk minimum 100 mm dan tebalnya minimal 3,5 kali lebar minimumnya,
- b. jarak bersih antar rusuk tidak boleh melebihi 800 mm.

Konstruksi rusuk pada struktur pelat berusuk berupa balok-balok beton bertulang yang dimensinya disesuaikan dengan besarnya beban. Menurut Phil M Ferguson, karena jaraknya yang rapat, konstruksi ini dapat mendistribusi beban yang berlebihan setempat kepada struktur di sebelah rusuk tipikal, sehingga kekuatan gesernya boleh dinaikkan 10 %^[3]. Menurut SK SNI 1991 pasal 3.1.11, selain kekuatan gesernya dapat dinaikkan 10%, kuat geser boleh dinaikkan dengan memberi tulangan geser atau memperlebar ujung balok rusuk, sehingga kekuatan geser rusuk dapat dinyatakan sebagai:

$$V_c = 1,1 b_w d^{1/6} \sqrt{f'_c} = 0,1833 b_w d \sqrt{f'_c} \quad (2.6)$$

Sebagai balok *grid*, rusuk-rusuk akan mengalami puntiran (torsion) sebagai akibat redistribusi gaya-gaya dalam. Jenis torsion pada struktur *grid* adalah torsion statis tak tentu (kompatibilitas torsion). Menurut SK SNI 1991 pasal 3.4.6(3) apabila torsion berfaktor $T_u \leq \phi (1/20 \sqrt{f'_c}) \Sigma X^2Y$ torsion ini bisa diabaikan. Kuat momen torsion yang disumbangkan oleh tampang dinyatakan sebagai:

$$T_c = \frac{\sqrt{f'_c} \Sigma(X^2Y) / 15}{\sqrt{1 + \left[\frac{0,4 v^u}{C_t T_u} \right]^2}} \quad (2.7)$$

Apabila torsion berfaktor T_u melebihi nilai $\phi (1/20 \sqrt{f'_c}) \Sigma(X^2Y)$ namun kurang dari nilai T_c maka pengaruh torsion bisa diabaikan. Pada torsion kompatibilitas, apabila $T_u > T_c$ maka T_u direduksi sebesar $\sqrt{f'_c}/9 \cdot \Sigma(X^2Y)/3$, hal ini sesuai SK SNI 1991 pasal 3.4.6(3).

Konstruksi rusuk, karena merupakan balok beton bertulang yang dicor monolit dengan pelat, maka analisis lenturnya dapat dianggap sebagai:

1. balok T pada daerah momen positif,
2. balok persegi pada daerah momen negatif.

Sebagai balok T, lebar efektif pelat sebagai flens balok T tidak boleh melebihi $\frac{1}{4}$ bentang balok dan lebar efektif flens yang membentang pada tiap sisi badan balok tidak boleh melebihi:

- a. 8 x tebal pelat,
- b. $\frac{1}{4}$ jarak bersih dari badan balok yang bersebelahan.

Analisis lentur balok T sama dengan analisis lentur balok persegi, hanya pada bagian flens (lebar efektif) diperhitungkan sebagai daerah tekan beton pada momen positif. Untuk momen negatif,

rusuk dianalisis sebagai balok penampang persegi.

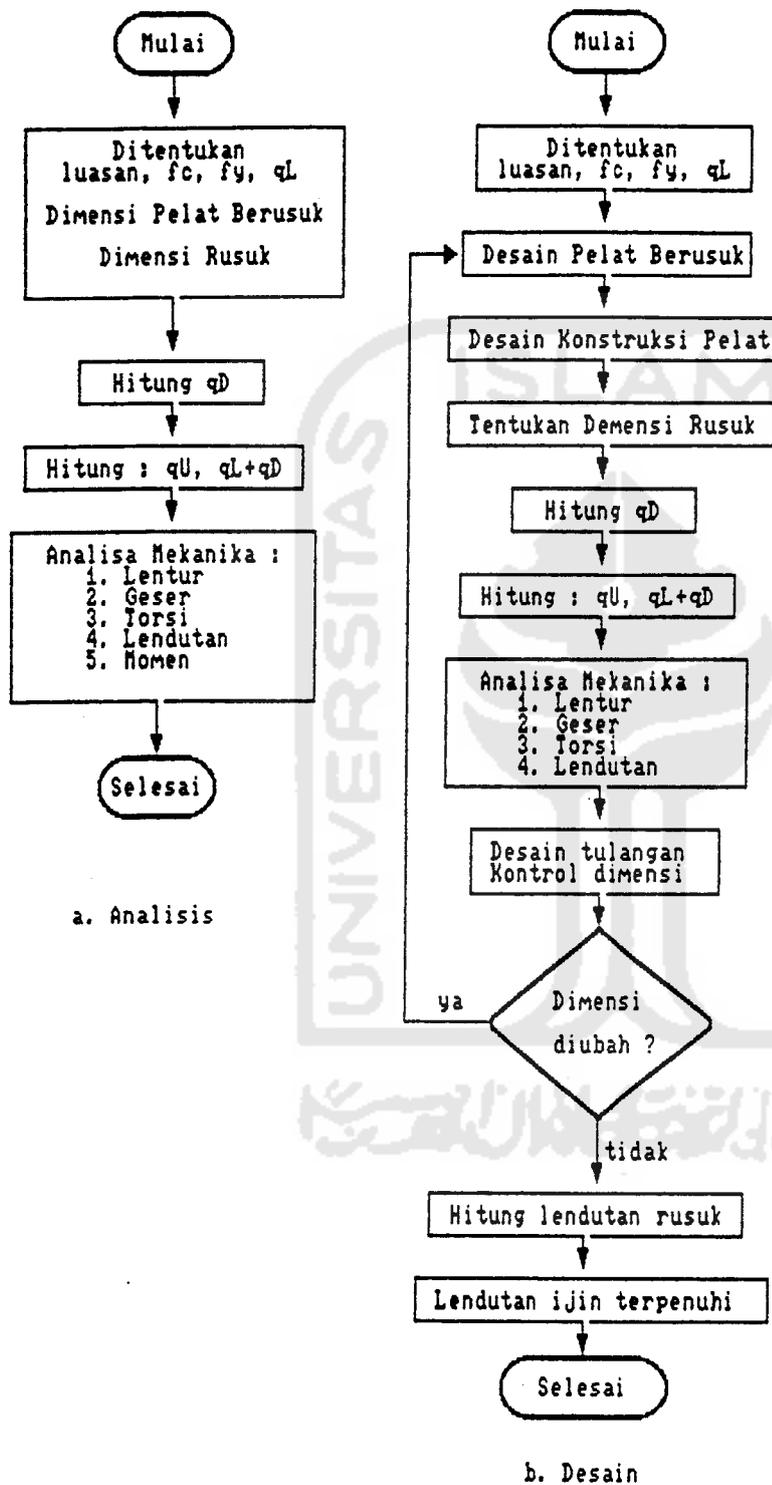
2.3. Kerangka Pikir

Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui cara menganalisis dan mendesain balok-rusuk yang menumpu pada balok gelagar dan mendukung beban gravitasi.

Analisis balok-rusuk dimulai dengan menentukan luasan pelat yang dihitung, kuat desak beton (f'_c), kuat tarik baja (f_y), beban hidup (q_L), dimensi pelat dan balok-rusuk. Setelah data-data tersebut sudah diketahui, dilanjutkan dengan menghitung beban-beban yang bekerja (q_D , q_L , q_U). Dari data yang ada tersebut, dilakukan analisis mekanika yang meliputi:

1. lentur,
2. geser,
3. torsi,
4. lendutan,
5. momen.

Sedangkan untuk mendesain balok-rusuk, langkah-langkahnya seperti pada analisis dengan menambahkan pendesainan tulangan serta kontrol dimensi. Secara sistematis, kerangka pikiran dalam analisis dan desain balok-rusuk ini dijelaskan pada gambar 2.2.



Gambar 2.5. Diagram Alir Kerangka Pikir