

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan gabungan dari dua jenis bahan yaitu campuran beton yang memiliki kuat desak tinggi tetapi kuat tarik rendah. Dan batang baja yang ditanamkan dalam beton bertujuan untuk memberikan kuat tarik yang diperlukan. Beton dan baja dapat bekerja sama atas dasar beberapa alasan yaitu (Istimawan Dipohosodo, 1999) :

1. Lekatan yang sempurna antara beton dan baja tulangan yang membungkusnya sehingga tidak terjadi pengelinciran.
2. Campuran beton mempunyai sifat kedap air sehingga mampu melindungi baja tulangan dari karat.
3. Angka kecepatan memuai yang hampir serupa yaitu 0,00001-0,00003 untuk beton, dan 0,000012 untuk baja per-derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$) sehingga tegangan antara baja dan beton yang dapat diabaikan.

Untuk mendapatkan mutu beton yang baik, disamping mendesain campuran beton secara baik dan teliti, perlu juga diperhatikan faktor-faktor dibawah ini (Kardiyono, 1992) :

1. Faktor air semenFaktor air semen ialah perbandingan berat air dan berat semen didalam campuran beton.Jika air semen dalam campuran beton terlalu banyak atau sedikit akan mempengaruhi kualitas beton.

2. Umur beton

Kekuatan beton akan bertambah sejalan dengan bertambahnya umur beton. Umur beton yang disyaratkan yaitu umur 28 hari.

3. Pengaruh agregat

Pengaruh agregat terutama dilihat dari bentuk agregat, permukaan dan ukuran agregat

Kuat desak beton umumnya merupakan faktor penting dalam hitungan perancangan kekuatan struktur, variasi kuat desak beton ini terjadi dari adukan ke adukan, maupun dari dalam satu adukan itu sendiri. Perbedaan kuat desak itu terjadi akibat bervariasinya kualitas dan kuantitas bahan yang dipakai, selain faktor kualitas dan kuantitas kuat desak individu benda uji berbeda juga karena perbedaan cara pengambilan contoh adukan dan cara pemadatan.

Rumus – rumus yang digunakan dalam menghitung kuat desak yang disyaratkan yaitu (Kardiyono, 1992) :

$$f_c = f_{cm} - k \cdot S_d \quad (3.1)$$

f_c = Kuat desak yang disyaratkan

f_{cm} = Kuat desak rata-rata semua benda uji

k = Faktor yang tergantung pada nilai kemungkinan.

S_d = Deviasi standar

$$S_d = \left[\frac{(f_c - f_{cm})^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad (3.2)$$

f_c = Kuat desak masing – masing benda uji

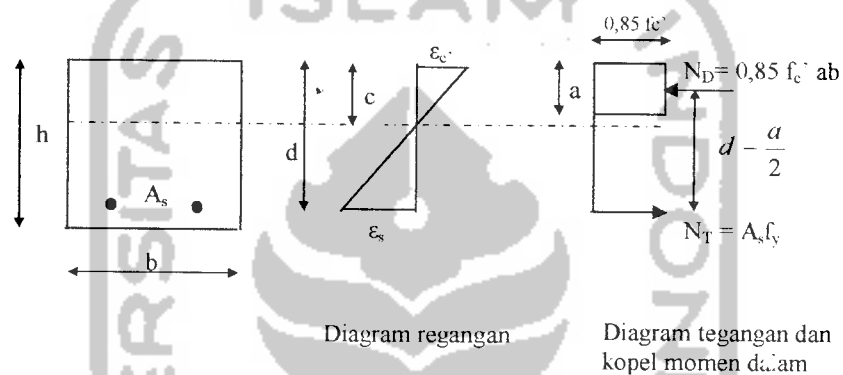
n = Jumlah benda uji.

Sedangkan besar modulus elastis beton normal (E_c) dihitung dengan rumus (Kardiyono, 1992) :

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad (3.3)$$

3.2 Kapasitas Lentur Penampang Persegi Beton Bertulang Tunggal

Kapasitas momen nominal beton bertulang tunggal dapat dilakukan dengan mengasumsikan luas tulangan baja tarik telah leleh seperti tampak pada gambar 3.1 (Istimawan Dipohosodo, 1999)



Gambar 3.1 Diagram analisis balok bertulang tunggal

Dengan mengangap bahwa tulangan tarik leleh maka dengan persamaan keseimbangan gaya $\sum \Pi = 0$, maka Gaya dalam untuk beton tekan (N_D) = Gaya dalam untuk baja tarik (N_T) sehingga dapat ditulis pada persamaan 3.4

$$(0,85 f'_c) a \cdot b = A_s f_y \quad (3.4)$$

Tinggi blok tegangan tekan beton (a) dapat dihitung dengan persamaan 3.5

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (3.5)$$

Letak atau posisi garis netral dari serat tekan sisi atas (c) dapat dihitung dengan persamaan 3.6

$$c = \frac{a}{\beta} \quad (3.6)$$

dengan :

$$\beta = 0,85 \text{ untuk beton } \leq 30 \text{ MPa}$$

$$f_c' = \text{Mutu beton.}$$

$$f_y = \text{Tegangan leleh}$$

$$A_s = \text{Jumlah luas tulangan baja.}$$

Untuk mengecek kebenarannya digunakan perbandingan perbandingan segitiga sebangun diagram regangan pada gambar 3.1, maka dapat dilihat pada persamaan 3.7

$$\frac{0,003}{c} = \frac{\epsilon_s}{(d-c)} \quad (3.7)$$

dimana :

$$d = \text{tinggi efektif}$$

$$\epsilon_s = \text{regangan baja}$$

Menghitung momen nominal (M_n) berdasarkan pada gaya beton tekan dapat ditulis pada persamaan 3.8

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.8)$$

Menghitung momen nominal (M_n) berdasarkan pada gaya tarik baja tulangan dapat ditulis pada persamaan 3.9

$$Mn = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.9)$$

3.3 Pembatasan Penulangan Tarik

Dalam penampang beton bertulang mengenal dua kegagalan yaitu kegagalan akibat tulangan berlebihan (over reinforced) dan tulangan kurang (under reinforce). Di dalam perencanaan lebih baik kita menggunakan tulangan kurang (under reinforce) karena kegagalan ini akan diawali dengan lelehnya baja tulangan tarik yang berlangsung secara bertahap, sehingga memberikan tanda-tanda keruntuhan, untuk itu.

Maka dari itu SK SNI T-15-1991-03 menetapkan bahwa rasio penulangan maksimal (ρ_{maks}) = 0,75 rasio penulangan seimbang (ρ_b) dan rasio minimum

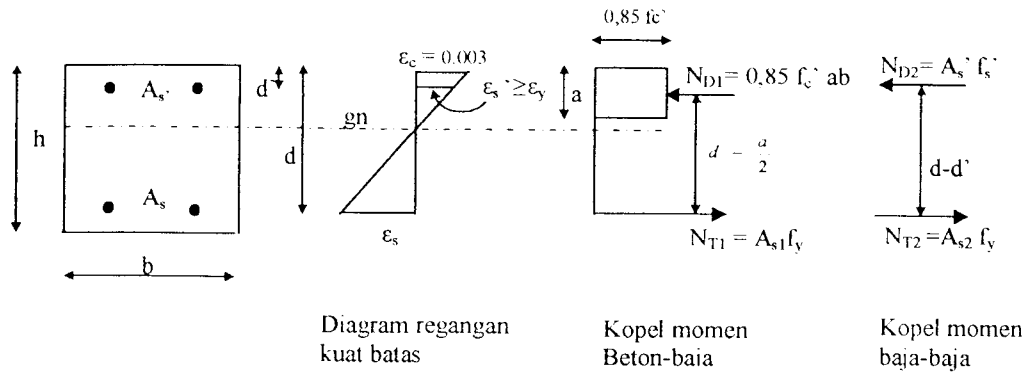
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.10)$$

Dimana :

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3.11)$$

3.4 Kapasitas Lentur Penampang Persegi Beton Bertulang Rangkap

Kapasitas momen nominal balok beton bertulang rangkap dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mengasumsikan luas tulangan baja tekan (A_s) dan baja tarik (A_s) telah mencapai regangan luluh ($\epsilon_s \geq \epsilon_y$) pada saat regangan tekan beton (ϵ_c) telah mencapai regangan maksimum sebesar 0,003 seperti tampak pada gambar 3.2 (Istimawan Dipohosodo, 1999)



Gambar 3.2 Diagram analisis balok bertulang rangkap

Tegangan baja tarik dan baja tekan telah luluh ($f_s = f_s' = f_y$) pada kondisi ini

$A_s = A_{s1} + A_{s2}$ dimana $A_{s2} = A_{s'}$

Gaya dalam untuk beton tekan (N_{D1}) dihitung menurut persamaan 3.12

$$N_{D1} = 0,85 f_c' ab \quad (3.12)$$

Gaya dalam baja untuk baja tekan (N_{D2}) dihitung menurut persamaan 3.13

$$N_{D2} = A_{s'} f_y \quad (3.13)$$

Gaya dalam untuk baja tarik (N_T) dihitung menurut persamaan 3.14

$$N_T = A_s f_y \quad (3.14)$$

Persamaan keseimbangan untuk balok beton bertulang rangkap adalah :

$$N_{D1} + N_{D2} = N_T \quad (3.15)$$

Dari persamaan 3.15 diatas dapat diuraikan menjadi persamaan 3.16 yaitu :

$$0,85 f_c' ab + A_{s'} f_y = A_s f_y \quad (3.16)$$

Tinggi blok tegangan tekan beton untuk balok normal (a) dapat dihitung dengan persamaan 3.17

$$a = \frac{(A_s - A_s')f_y}{0,85f_c'b} \quad (3.17)$$

Letak atau posisi garis netral dari serat tekan terluar untuk balok normal (a) dapat dihitung dengan persamaan 3.18

$$c = \frac{a}{\beta_1} \quad (3.18)$$

Kontrol kebenaran asumsi diatas dilakukan dengan pemeriksaan regangan pada baja tulangan tekan (ϵ_s) dan tarik (ϵ_s) menggunakan persamaan 3.19 dan 3.20

$$\epsilon_{s'} = 0,003 \frac{c-d'}{c} \quad (3.19)$$

$$\epsilon_s = 0,003 \frac{d-c}{c} \quad (3.20)$$

Jika asumsi awal yang digunakan salah, maka kondisi tulangan baja tekan belum luluh ($\epsilon_s < \epsilon_y$) sedangkan baja tarik telah luluh ($\epsilon_s \geq \epsilon_y$) pada saat regangan beton mencapai 0,003 maka Letak garis netral pada balok normal (c) dihitung dari keseimbangan gaya-gaya horizontal ($\sum H = 0$) pada persamaan berikut :

$$N_{D1} + N_{D2} = N_T \quad (3.21)$$

$$0,85 f_c' a \cdot b + A_s' f_{s'} = A_s f_y \quad (3.22)$$

Tinggi blok tegangan tekan beton normal (a) dan tegangan luluh baja tekan ($f_{s'}$) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$a = \beta c \quad (3.23)$$

$$f_{s'} = \epsilon_{s'} E_s = \frac{(c-d')0,003}{c} E_s \quad (3.24)$$

dengan : E_s = Modulus elastistas baja = 200.000 Mpa

dari substitusi persamaan 3.16, 3.21 dan 3.24 dapat digunakan persamaan :

$$A_s f_y = 0,85 b c f_c \beta + 0,003 \frac{c - d'}{c} E_s A_s \quad (3.25)$$

jika persamaan 3.25 dikalikan dengan c didapat persamaan 3.26

$$A_s f_y c = 0,85 b c^2 f_c \beta + 0,003 \frac{c - d'}{c} E_s A_s c - 0,003 d' E_s A_s \quad (3.26)$$

dari persamaan 3.26 dimasukan nilai modulus elastis baja (E_s) sehingga didapatkan persamaan 3.27.

$$(0,85 f_c b \beta_1) c^2 + (600 A_s - A_s f_y) - 600 d' A_s = 0 \quad (3.27)$$

Kapasitas momen nominal balok normal M_n dihitung dengan persamaan 3.28

$$M_n = 0,85 f_c a b \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s f_y (d - d') \quad (3.28)$$

3.5 Hubungan Beban – Lendutan

Untuk menghitung lendutan pada struktur beton box dengan sistem pembebanan terpusat pada gambar 3.3 dengan mengangap ujung - ujung bentang jepit pada struktur beton box, maka lendutanya sebagai berikut (Ferdinanad L. Singer, 1985) :

$$\Delta_1 = \frac{ML^2}{16EI} \quad (3.29)$$

$$\Delta_2 = \frac{PL^3}{192EI} \quad (3.30)$$

$$\Delta_3 = \frac{ML^2}{9\sqrt{3}EI} \quad (3.31)$$

Dimana:

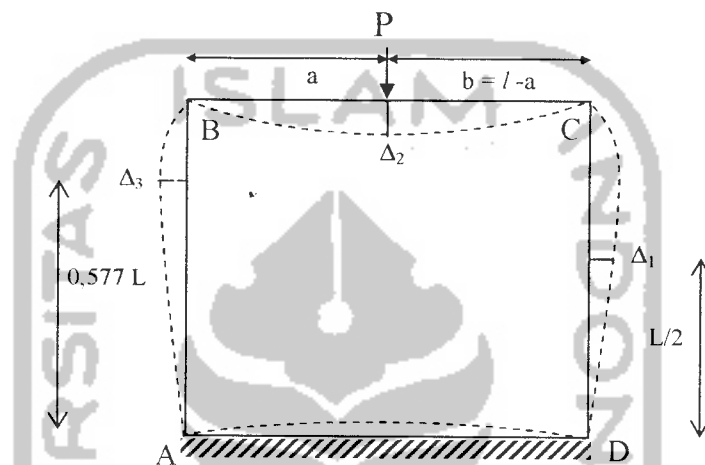
Δ = Lendutan

P = Beban

L = Panjang

E = Modulus elastis

I = Momen inersia



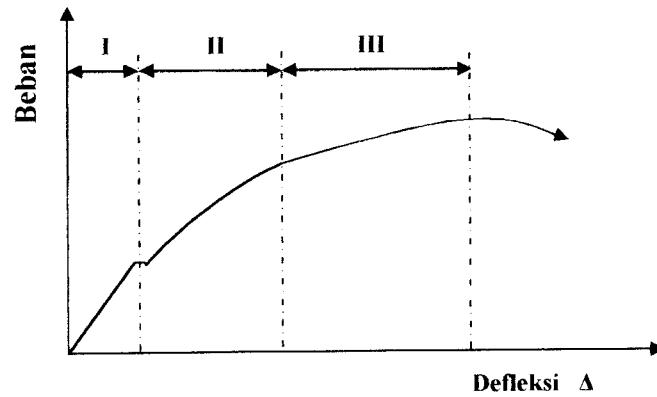
Gambar 3.3 Lendutan pada struktur beton *box*

Mengacu pada (Nawy,1990) hubungan (beban – lendutan) beton bertulang dapat ditunjukkan pada gambar 3.4 dimana terdiri dari tiga daerah.

Daerah I : Taraf praretak dimana batang – batang strukturalnya bebas retak

Daerah II : Taraf pascaretak dimana batang – batang strukturalnya mengalami retak terkontrol yang masih dapat diterima baik distribusi maupun lebarnya.

Daerah III : Taraf pasca-serviceability dimana tegangan pada tulangan tarik sudah mencapai tegangan lelehnya

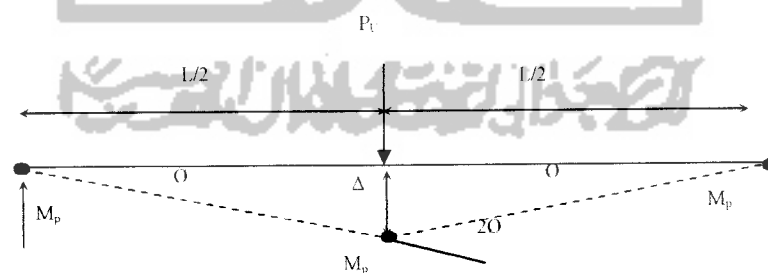


Gambar 3.4 Grafik hubungan beban dan defleksi pada beton bertulang

3.6 Beban Batas Plastis

Analisis plastis dapat diterapkan untuk mendapatkan beban batas plastis (P_u) dalam suatu analisis terhadap suatu struktur atau untuk menemukan momen plastis yang diminta (M_p).

Dianggap bahwa ketika beban mekanisme runtuh (yakni batas plastis) tercapai, struktur tersebut bergerak melalui suatu displasmen (Δ). Untuk keseimbangan kerja eksternal yang dilakukan oleh beban yang bergerak melalui displasmen tersebut harus sama dengan energi regangan internal akibat plastis yang berotasi melalui sudut-sudut kecil (rotasi sendi). (Johnson-Salmon . 1996)



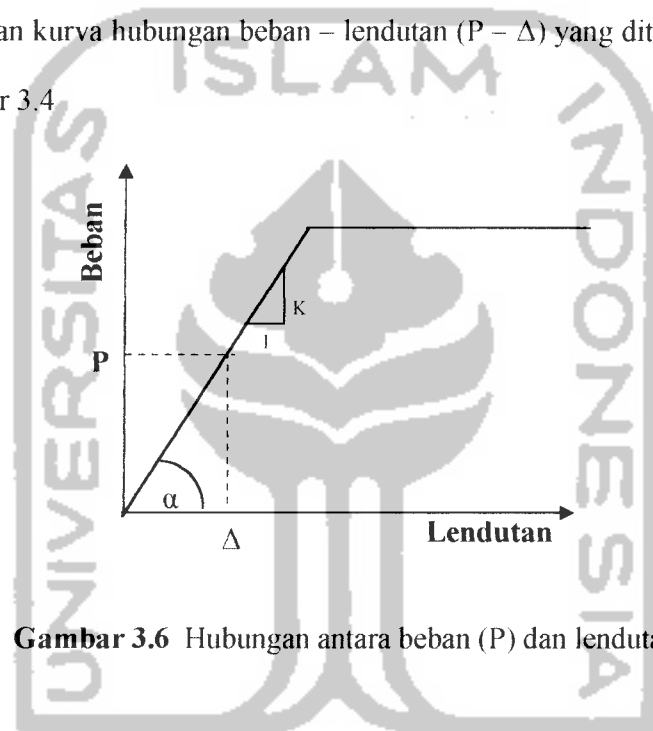
Gambar 3.5 Mekanisme runtuh struktur bertumpuan jepit

Dari gambar diatas diperoleh Momen plastis (M_p) dengan persamaan 3.32

$$Mp = \frac{Pu.l}{8} \quad (3.32)$$

3.7 Kekakuan Struktur

Kekakuan (k) dapat dihitung dari rasio beban (P) terhadap terhadap lendutan (Δ) seperti pada persamaan 3.30. Hubungan beban (P) dengan lendutan (Δ) diperoleh dari hasil uji pembebanan (Gere dan Timosheko,1987). Hal ini sesuai dengan kurva hubungan beban – lendutan ($P - \Delta$) yang ditampilkan seperti pada gambar 3.4



Gambar 3.6 Hubungan antara beban (P) dan lendutan (Δ)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{\Delta} \quad (3.33)$$

$$k = \operatorname{tg} \alpha \quad (3.34)$$

$$k = \frac{P}{\Delta} \quad (3.35)$$

3.8 Hipotesa

Dengan memperhatikan latar belakang, tinjauan pustaka, tujuan penelitian, dan teori, maka dapat dikemukakan hipotesa yaitu variasi perbandingan panjang bentang mempengaruhi kekuatan penampang struktur beton box.

