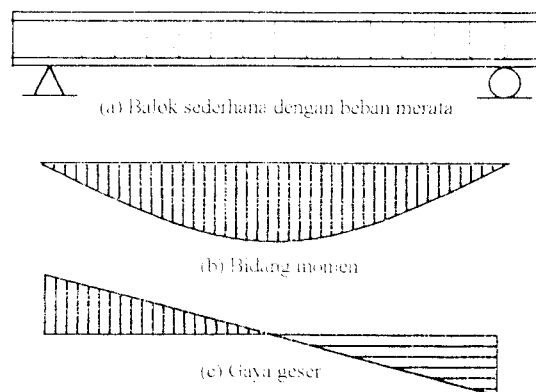


BAB III

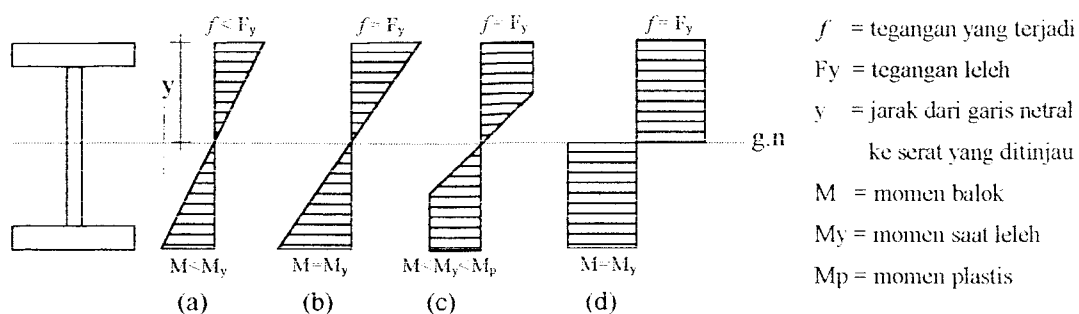
LANDASAN TEORI

3.1 Balok

Pada umumnya, balok dipandang sebagai suatu batang yang terutama memikul pembebanan secara transversal. Dengan demikian, balok pada suatu struktur dapat berarti sebagai gelagar. Akibat dari pembebanan tersebut, maka balok akan mengalami lentur. Sebagai contoh adalah balok dengan tumpuan sederhana dengan penampang bentuk I yang dibebani secara merata, seperti terlihat pada Gambar 3.1a. Akibat dibebani, maka pada balok tersebut akan menerima momen (Gambar 3.1b) dan gaya geser (Gambar 3.1c). Akibat momen maka serat bagian atasnya akan mengalami tekan dan serat bagian bawah mengalami tarik atau balok mengalami lentur.



Gambar 3.1 Balok sederhana dengan pembebanan merata



Gambar 3.2 Distribusi tegangan lentur pada berbagai tahap pembebanan

Distribusi tegangan pada penampang balok yang mengalami peningkatan momen lentur ditunjukkan pada Gambar 3.2. Pada momen lentur dengan beban layanan, penampang bersifat elastik (Gambar 3.2a), dan kondisi elastik akan terjadi sampai tegangan pada serat terluar mencapai tegangan leleh F_y (Gambar 3.2b). Dalam keadaan masih elastis, distribusi tegangan lentur pada penampang balok adalah linier. Tegangan pada serat yang letaknya y dari sumbu netral adalah

$$f = \frac{M \cdot y}{I} \quad (3.1)$$

dengan: f = tegangan yang terjadi pada serat yang ditinjau, M = momen balok,

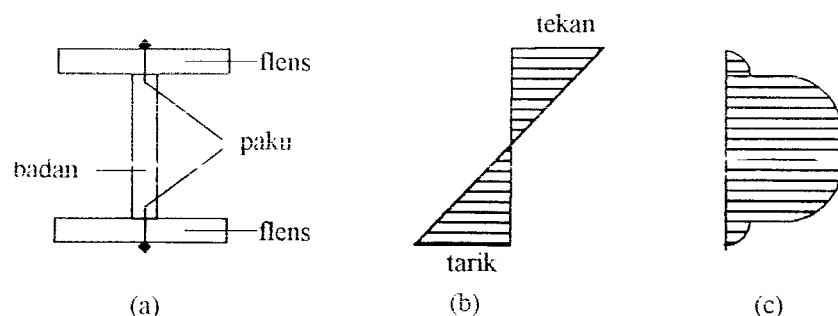
y = jarak garis netral ke serat yang ditinjau, I = momen inersia penampang

Tegangan maksimum terjadi pada serat terluar yaitu serat yang letaknya terjauh dari sumbu netral. Tegangan maksimum mulai terjadi pada elemen badan, sehingga penampang mengalami kondisi plastik dan elastik (Gambar 3.2c). Dengan adanya penambahan beban, akan tercapai keadaan dimana seluruh serat mengalami tegangan sebesar tegangan maksimum dan regangannya akan sama-dengan atau lebih besar dari regangan maksimum. Dalam keadaan ini penampang berada pada kondisi plastis (Gambar 3.2d). Dalam penelitian ini, dipakai asumsi dengan mengidealisir grafik hasil penelitian sehingga distribusi tegangan balok dari kondisi elastis kemudian menjadi plastis.

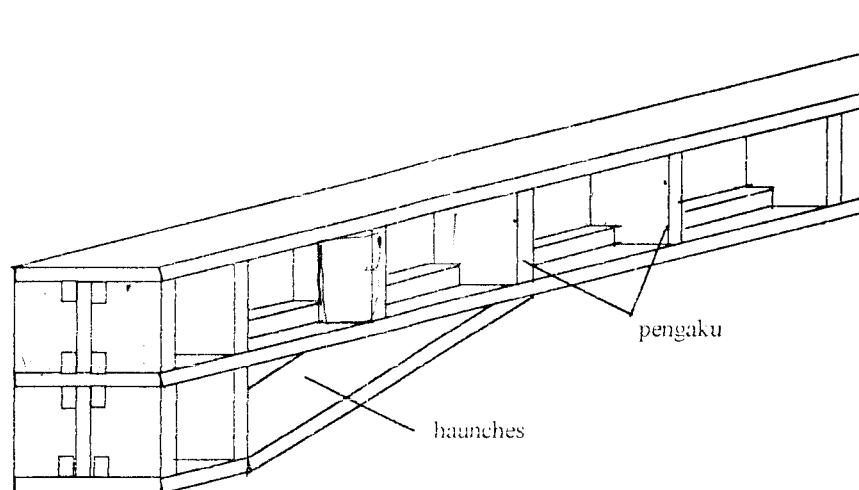
3.2 Balok Papan Non-Prismatis Profil I dengan Paku

Mengacu pada Persamaan 3.1 yang dapat ditulis dalam bentuk $M=f.I/y$, maka semakin besar momen inersia I, semakin besar juga tahanan momen M. Jika dibanding dengan balok segiempat, maka balok I mempunyai momen inersia yang lebih besar, dengan luas penampang yang sama. Dengan demikian, profil I lebih besar tahanan momennya dibanding profil segiempat. Selain itu, pada balok segiempat, serat dekat sumbu netral kurang mengalami tegangan dibanding serat atas dan bawah. Jadi sebagian besar dari penampang kurang mengalami tegangan, sehingga tidak efisien untuk menahan lentur. Balok I punya lebih banyak serat pada jarak yang jauh dari garis netral, yang dapat memikul tegangan lebih besar, sehingga lebih efisien. Balok I juga lebih hemat dibanding balok segiempat. Jika dibandingkan kedua balok tersebut dengan tinggi dan lebar yang sama, maka berat balok segiempat > balok I, sehingga dalam perhitungan beban ultimit balok (P_u), pada balok segiempat ditambah dengan berat sendiri balok (q) yang relatif besar dibanding q balok I. Hal ini menyebabkan P_u balok segiempat < P_u balok I, sehingga pemakaian balok I menjadi lebih hemat.

Dalam penelitian ini dicari perilaku balok papan non prismatis yang disusun membentuk penampang I dengan menggunakan paku (Gambar 3.3a).



Gambar 3.3 Balok Papan Profil I dengan Paku



Gambar 3.4 Balok papan non-prismatis penampang I dengan pengaku

3.3 Kekuatan Balok Papan

Balok papan merupakan profil *built-up* yang tersusun dari elemen pelat, yaitu pelat sayap dan pelat badan, sehingga kekuatan penampang balok tersebut didasarkan atas rasio kerampingan keseluruhan, yang hanya dapat terpenuhi bila elemen pelat tidak mengalami tekuk lokal. Tekuk lokal pada elemen pelat dapat menyebabkan terjadinya kegagalan prematur pada keseluruhan penampang, atau setidaknya akan menyebabkan tegangan tidak merata dan mengurangi kekuatan keseluruhan.

Pada balok papan baik elemen sayap maupun badannya relatif langsing sehingga tegangan kritisnya dipengaruhi oleh rasio kelangsingan sayap (b/t), rasio kelangsingan badan (h/t_w), dan jarak antar pengaku. Tegangan kritis gelagar pelat dari baja merupakan fungsi :

$$F_{cr} = f \left\{ \frac{b}{2t}, \frac{h}{t_w}, \frac{a}{h} \right\} \quad (3.2)$$

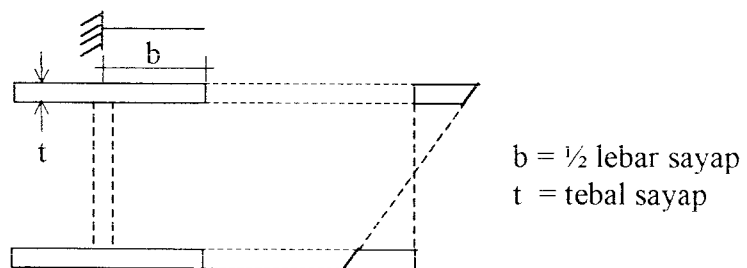
Pada balok papan baik elemen sayap maupun badannya relatif langsing sehingga tegangan kritisnya dipengaruhi oleh rasio kelangsingan sayap (b/t), rasio kelangsingan badan (h/t_w), dan jarak antar pengaku. Tegangan kritis gelagar pelat merupakan fungsi :

$$F_{cr} = f \left\{ \frac{b}{2t}, \frac{h}{t_w}, \frac{a}{h} \right\} \quad (3.2)$$

dengan : F_{cr} = tegangan kritis, f = tegangan yang terjadi, b = lebar sayap, t = tebal sayap, h = tinggi badan, t_w = tebal badan, a = jarak antar pengaku

3.3.1 Kekuatan Pada Elemen Sayap

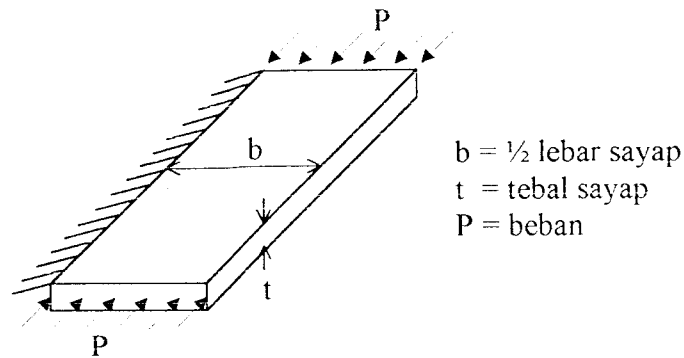
Elemen sayap yang terbuat dari pelat, pada komponen balok papan dengan profil I ini terdiri dari dua elemen yaitu sayap atas yang menahan tekan dan sayap bawah yang menahan tarik (Gambar 3.5). Pada elemen sayap terlihat bahwa tumpuannya terletak di tengah pelat sayap, sehingga dalam perhitungannya nanti, lebar dari sayap (b) dihitung setengahnya.



Gambar 3.5 Perilaku elemen sayap

1. Tekuk Elastis pada Pelat Sayap

Pada dasarnya, pelat yang mengalami tekanan, seperti pada elemen sayap tekan, perilakunya sama dengan kolom. Tekuk pelat yang mengalami tekanan merata ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pelat yang ditekan merata

Menurut Salmon dan Johnson (1990), tegangan tekuk elastik teoritik atau tegangan kritik pelat yang tertekan dapat dinyatakan sebagai:

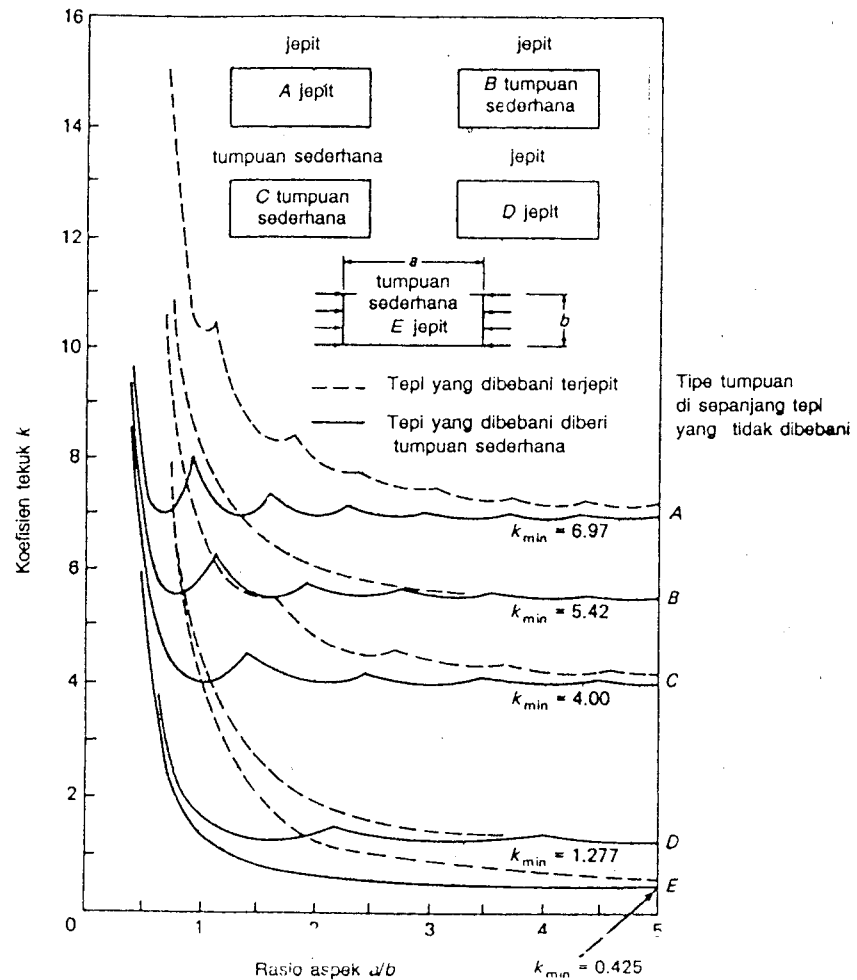
$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2) (b/t)^2} \quad (3.3)$$

dengan: F_{cr} = tegangan kritik, k = koefisien tekuk, $\pi = 3,14$, E = modulus elastis

μ = rasio Poisson = 0,33, b = lebar sayap, t = tebal sayap

Nilai k tergantung pada tipe tegangan, kondisi tumpuan tepi, dan rasio panjang terhadap lebar (rasio aspek) dari pelat yang bersangkutan. Gambar 3.7 menunjukkan variasi k terhadap rasio aspek a/b untuk berbagai kondisi tumpuan tepi ideal (Salmon dan Johnson, 1990).

Terlihat bahwa untuk pelat dengan kondisi tumpuan jepit-jepit (A) nilai $k_{min}=6,97$. Untuk pelat dengan tumpuan sederhana-jepit (B) nilai $k_{min}=5,42$. Sedangkan pelat dengan tumpuan sederhana-sederhana, $k_{min}=4$. Dan untuk pelat jepit-bebas nilai $k_{min}=1,277$, serta untuk pelat dengan tumpuan sederhana-bebas, $k_{min}=0,425$. Dalam penelitian ini dipakai pelat dengan tumpuan jepit-bebas dengan nilai $k_{min}=1,277$.



Gambar 3.7 Koefisien tekuk elastik untuk tekan pada pelat

2. Tekuk Vertikal Pada Pelat Sayap

Batas maksimum pada kerampingan pelat badan h/t_w akan didasarkan pada kekakuan yang dibutuhkan oleh pelat badan untuk mencegah sayap tekan mengalami tekuk secara vertikal. Dalam hal ini diasumsikan pelat sayap merupakan batang tekan yang independen dari bagian gelagar lainnya. Pada Gambar 3.8 menunjukkan suatu gelagar yang melengkung dan komponen-komponen gaya pada sayap, yang menyebabkan gaya tekan pada pinggir-pinggir

badan balok yang berdekatan dengan sayap tersebut. Bila badan balok tetap stabil saat terkena komponen-komponen gaya tersebut, maka pelat badan tidak mengalami tekuk vertikal.

Mengacu pada Gambar 3.8, deformasi $\varepsilon_f dx$ yang terakumulasi di sepanjang jarak dx adalah

$$\varepsilon_f dx = d\theta \frac{h}{2} \quad (3.5)$$

$$d\theta = \frac{2\varepsilon_f}{h} dx \quad (3.6)$$

Seperti terlihat pada Gambar 3.9a, gaya pada pelat sayap terurai menjadi gaya horisontal dan vertikal. Gaya horisontal akan menyebabkan lentur, sedangkan gaya vertikal menyebabkan tekan sebesar $\sigma_f A_f d\theta$. Setelah dibagi dengan luas $t_w dx$ untuk mendapatkan tegangan tekan f_c seperti ditunjukkan pada Gambar 3.9b, kita dapat mensubstitusi Persamaan 3.6 untuk $d\theta$,

$$f_c = \frac{\sigma_f A_f d\theta}{t_w dx} = \frac{2\sigma_f A_f \varepsilon_f}{t_w h} \quad (3.7)$$

dengan memisalkan $A_w = t_w h$, maka,

$$f_c = \frac{2A_f}{A_w} \sigma_f \varepsilon_f \quad (3.8)$$

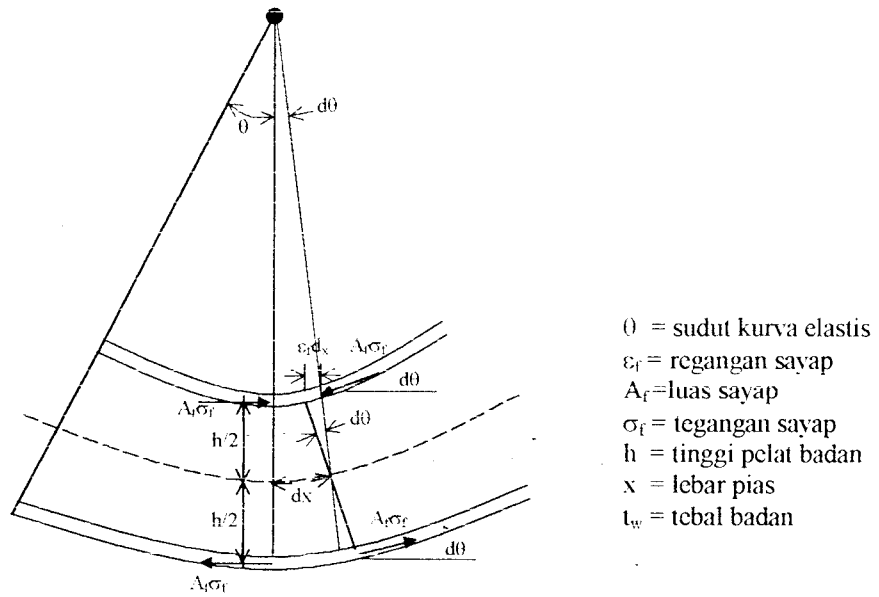
dengan menyamakan Persamaan 3.3 dan Persamaan 3.8, maka

$$\frac{h}{t_w} = \sqrt{\frac{\pi^2 Ek}{24(1-\mu^2)}} \left(\frac{A_f}{A_w} \right) \left(\frac{1}{\sigma_f \varepsilon_f} \right) \quad (3.9)$$

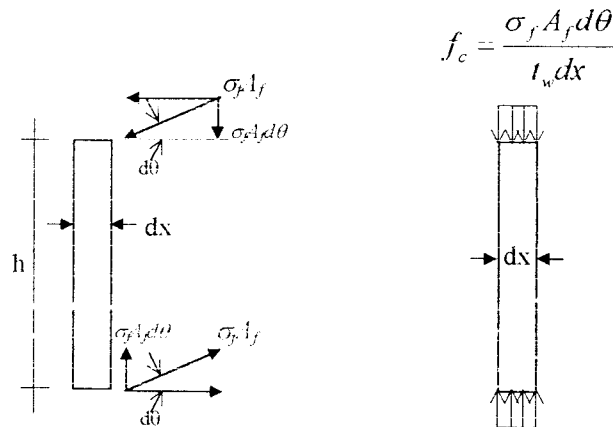
dengan nilai $\varepsilon_f = \frac{(F_r + F_{yf})}{E}$, sehingga Persamaan 3.8 menjadi

$$f_c = \frac{2A_f}{A_w} \sigma_f \frac{(F_r + F_{yf})}{E} \quad (3.10)$$

Untuk mencegah terjadinya tekuk, maka nilai $f_c < F_{cr}$

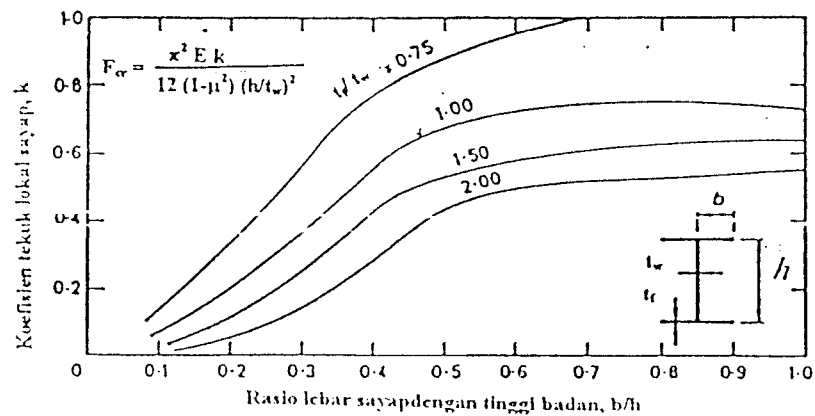


Gambar 3.8 Gaya-gaya pada sayap yang terjadi akibat kurvatur gelagar



Gambar 3.9 Efek gaya sayap yang tegak lurus terhadap pelat badan

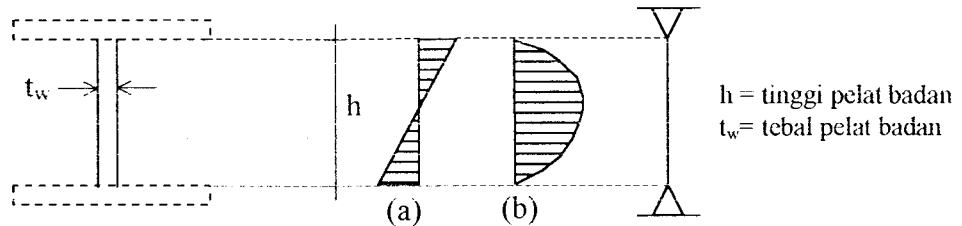
Nilai k akibat gaya tekan pada pelat sayap ditunjukkan dengan Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Koefisien tekuk vertikal pada pelat

3.3.2 Kekuatan Pada Elemen Badan

Balok papan dengan pengaku ini bisa dianggap sebagai gelagar pelat. Elemen badan pada balok papan akan mengalami lentur (Gambar 3.11a) dan geser (Gambar 3.11b)



Gambar 3.11 Perilaku elemen badan

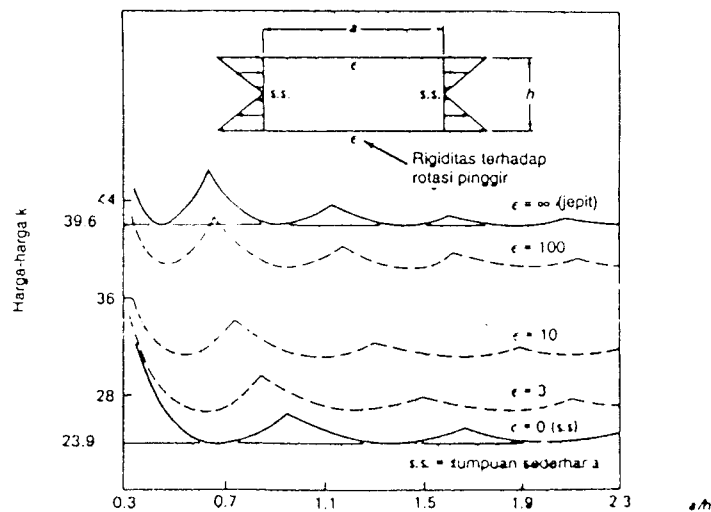
Stabilitas pelat badan ditunjukkan dengan Persamaan 3.3 berikut ini :

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2) (h/t_w)^2} \tag{3.3}$$

dengan: F_{cr} = tegangan kritis, k = koefisien tekuk, $\pi = 3,14$, E = modulus elastis

μ = rasio Poisson = 0,33, h = tinggi badan, t_w = tebal badan

Pengembangan teoretis harga k menurut Timoshenko dan Krieger (1959) untuk segala tipe pembebanan menurut rasio aspek a/h , serta menurut kondisi tumpuan di ujung-ujungnya ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Koefisien Tekuk Pelat untuk Lentur Murni

Tampak bahwa untuk tumpuan sederhana, $k_{min}=23,9$ dan untuk jepit penuh, $k_{min}=39,6$. Pada penelitian ini dipakai $k_{min}=23,9$ yaitu dianggap tumpuan sederhana.

Selain menahan lentur, elemen badan juga menahan sebagian besar geser. Karena balok papan memiliki pelat badan yang tipis, maka stabilitas balok papan merupakan hal utama yang harus diperhatikan. Persamaan tegangan tekuk elastis seperti diberikan pada persamaan (3.3), dimana untuk kasus geser murni, persamaan 3.3 dapat ditulis dengan menggunakan τ sebagai ganti F untuk tegangan geser.

$$\tau_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2) \left(\frac{\text{sisipendek}}{t_w} \right)^2} \quad (3.11)$$

Dimana untuk kasus tumpuan sederhana :

$$k = 5,34 + 4,0 \left(\frac{\text{sisipendek}}{\text{sisipanjang}} \right)^2 \quad (3.12)$$

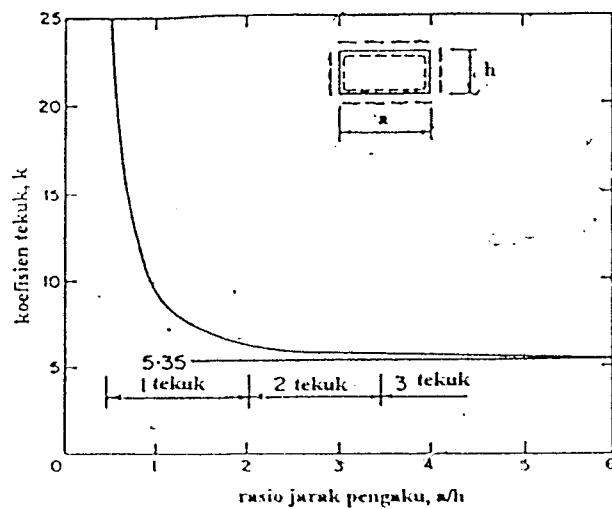
➤ Jika $a/h \leq 1$, maka:

$$\tau_{cr} = \frac{\pi^2 E [5,34 + 4,0(a/h)^2] (h/a)^2}{12(1 - \mu^2) (a/t_w)^2 (h/a)^2} \quad (3.13)$$

➤ Jika $a/h \geq 1$, maka:

$$\tau_{cr} = \frac{\pi^2 E [5,34 + 4,0(h/a)^2]}{12(1 - \mu^2) (h/t_w)^2} \quad (3.14)$$

Nilai k untuk pelat yang mengalami geser murni dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Koefisien Tekuk Pelat untuk Geser Murni

3.4 Kekuatan Lentur Batas Pada Gelagar

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Charles G. Salmon dan John E. Johnson dengan bahan penelitiannya adalah baja profil I dengan mutu baja A36, badan akan tertekuk akibat tegangan lentur.

Seperti telah dijabarkan sebelumnya, tekuk seperti ini tidak menyebabkan gelagar kehilangan daya gunanya. Kapasitas momen batas gelagar yang tinggi merupakan fungsi dari:

$$Mu = f \left\{ \frac{h}{t_w}, \frac{L}{r_y}, \frac{b}{t_f}, \frac{A_w}{A_f} \right\} \quad (3.15)$$

dimana :

h/t_w = menentukan ketidakstabilan badan (tekuk lentur)

L/r_y = menentukan ketidakstabilan lateral pada sayap (tekuk puntir lateral)

b/t_f = menentukan tekuk setempat (atau tekuk puntir) pada sayap

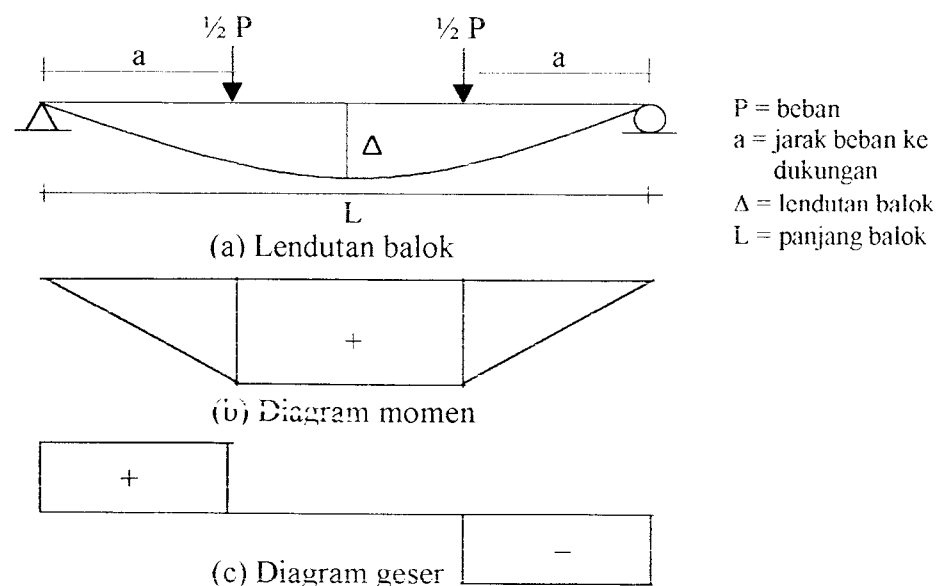
A_w/A_f = menentukan pengaruh purna tekuk badan pada sayap

Dengan anggapan bahwa tekuk puntir lateral dan tekuk lokal dicegah seperti anggapan yang digunakan, variabel dari fungsi di atas menjadi :

$$Mu = f \left\{ \frac{h}{t_w}, \frac{A_w}{A_f} \right\} \quad (3.16)$$

3.5 Hubungan Beban-Lendutan

Pemberian beban pada balok akan menyebabkan lentur, sehingga balok akan terdefleksi. Meskipun sudah dicek aman terhadap lentur dan geser, suatu balok akan tidak layak apabila lendutannya besar, atau balok terlalu fleksibel. Lendutan yang terlihat dengan mata dapat mengurangi keyakinan terhadap kekuatan struktur. Menurut Lynn S. Beedle (1958), balok dengan tumpuan sederhana yang diberi beban memiliki satu titik yang momennya maksimum. Makin besar beban yang diberikan, makin besar pula momennya. Jika beban besar, material akan terdeformasi semakin cepat dan defleksinya juga akan semakin besar. Selain itu balok juga akan mengalami geser. Mekanika balok yang dibebani ditunjukkan pada Gambar 3.14.



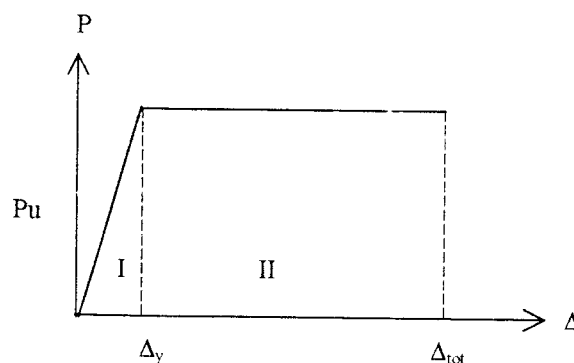
Gambar 3.14 Balok sederhana dengan pembebanan titik

Dalam penelitian ini, balok adalah non prismatis, maka momen inersia (I) sepanjang balok tidak konstan. Karena itu, lendutan balok di tengah bentang dihitung dengan Metode Luas Momen (*Moment Area Method*), dimana balok dibagi dalam beberapa pias dan kemudian dihitung momen inersia (I) dari masing-masing pias. Lendutan balok dirumuskan :

$$\Delta = \int \frac{M}{EI} dx = \Phi \cdot \bar{x} \quad (3.17)$$

dimana : Δ =lendutan, M =momen, E =modulus elastisitas, I =inersia, Φ =luas bidang momen, x = jarak bidang momen ke titik lendutan yang dicari

Hubungan beban-lendutan (P - Δ) pada balok yang dibebani lentur dapat disederhanakan menjadi bentuk bi-linier, yang ditunjukkan dengan Gambar 3.15.

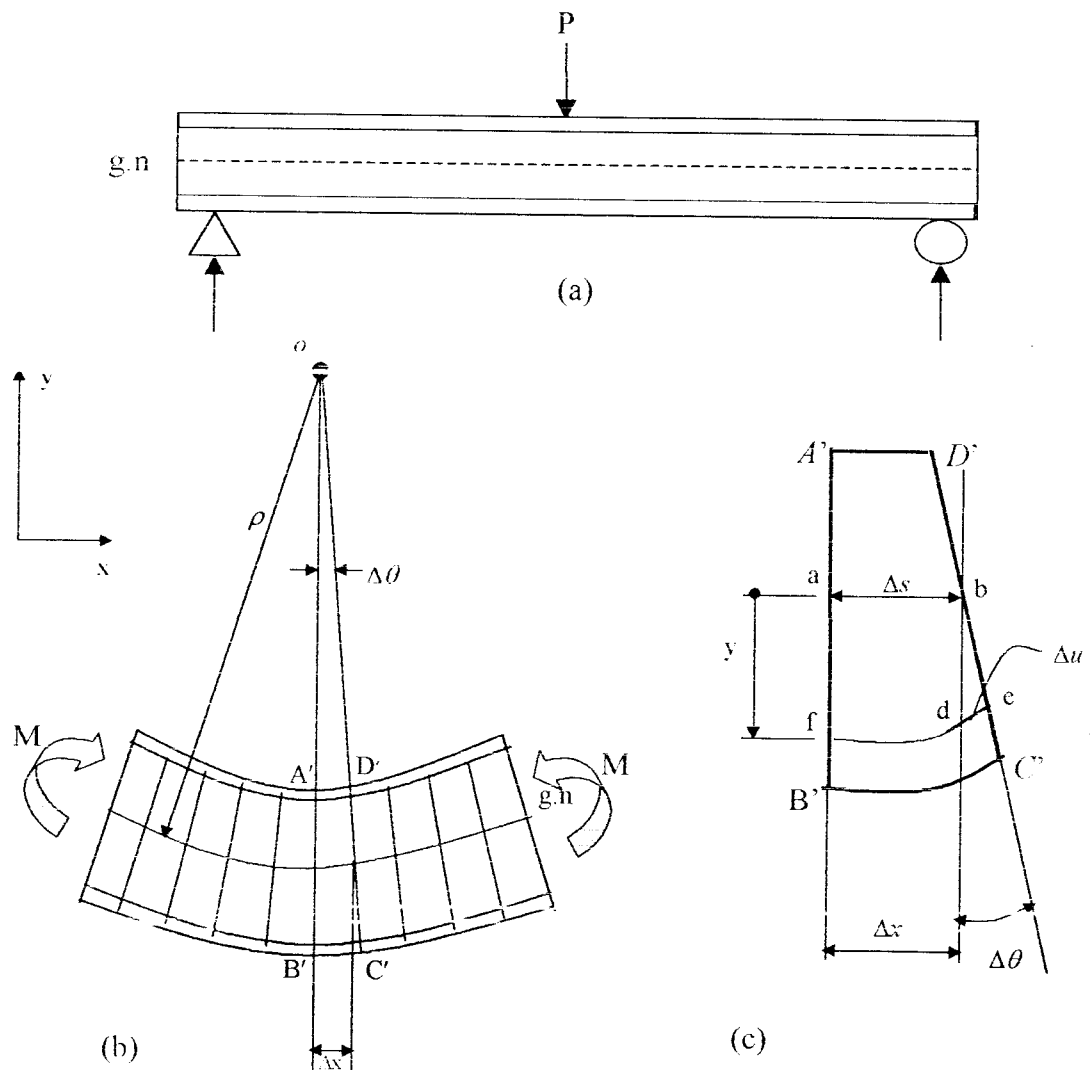


Gambar 3.15 Grafik hubungan beban-lendutan

Dari gambar terlihat pada daerah I, yaitu daerah praretak, balok masih bersifat elastis penuh. Tegangan lentur yang terjadi kurang dari kuat lentur kayu. EI masih mengikuti E kayu dan momen penampang balok kayu. Pada daerah II, yaitu daerah pasca layan, tegangan pada daerah ini mencapai tegangan maksimum. Pada daerah ini, diagram lendutannya lebih landai daripada daerah-daerah sebelumnya. Hal ini disebabkan karena semakin berkurangnya kekakuan lentur akibat bertambahnya jumlah dan lebar retak di sepanjang bentang.

3.6 Hubungan Momen-Kelengkungan

Perilaku struktur yang mengalami lentur dapat diketahui dari hubungan momen kelengkungan (*moment curvature*) yang menggambarkan perilaku balok pada berbagai kondisi, yaitu saat kondisi elastis, leleh, elastis-plastis dan plastis. Gambar 3.16a adalah sebuah balok sederhana dengan penampang I yang menerima beban terpusat P , dengan anggapan sebelum beban P bekerja balok dalam keadaan lurus. Setelah beban P bekerja, balok menerima momen sehingga balok melengkung dengan jari-jari kelengkungan ρ (Gambar 3.16b).



Gambar 3.16 Deformasi segmen balok dalam lenturan

Dalam pandangan yang diperbesar dari elemen A'B'C'D' dalam Gambar 3.16c, dapat kita lihat bahwa dalam balok yang melentur, sudut yang termasuk antara dua irisan yang berdampingan adalah $\Delta\theta$. Jika y adalah jarak serat yang diregangkan ke garis netral, maka deformasi Δu dari setiap serat dinyatakan:

$$\Delta u = y\Delta\theta \quad (3.18)$$

Serat-serat yang terletak pada garis netral (serat ab) tidak mengalami regangan sama sekali. Karena itu Δs menunjukkan panjang semula dari semua serat yang terdapat antara irisan-irisan A'B' dan C'D'. Oleh karena itu, dengan membagi Persamaan 3.18 dengan Δs , maka didapat hubungan :

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta s} = y \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta s} \quad \text{atau} \quad \frac{du}{ds} = y \frac{d\theta}{ds} \quad (3.19)$$

$\frac{du}{ds}$ merupakan regangan linier dalam serat balok pada jarak y dari sumbu netral.

Jadi

$$\frac{du}{ds} = \varepsilon \quad (3.20)$$

Dari Gambar 3.16 dapat dilihat $\Delta s = \rho \Delta\theta$, sehingga :

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta s} = \frac{d\theta}{ds} = \frac{1}{\rho} = \kappa = \phi \quad (3.21)$$

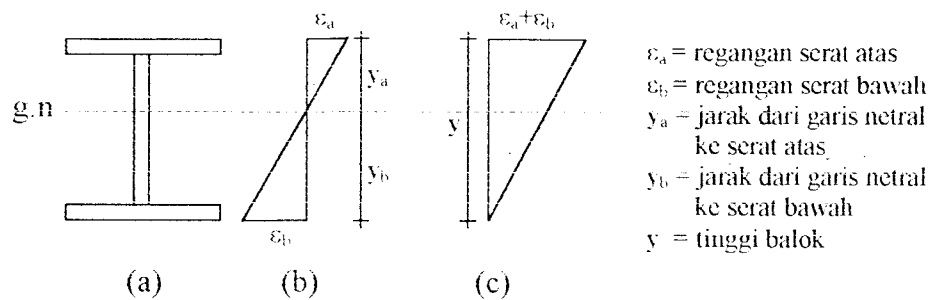
Dengan substitusi Persamaan 3.20 dan 3.21 ke Persamaan 3.19, maka didapat hubungan antara kurva elastis dan regangan linier, yaitu

$$\phi = \frac{1}{\rho} = \frac{\varepsilon}{y} \quad (3.22)$$

Karena sifat bahan tidak diperhitungkan, maka kelengkungan pada Persamaan 3.22 digunakan untuk semua keadaan.

Kelengkungan pada balok dapat diperoleh dengan dua cara, yaitu :

- i. Mengukur regangan yang terjadi pada penampang balok, yaitu dengan strain gate. Distribusi regangan pada penampang balok dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Distribusi regangan pada penampang balok

Seperti telah dirumuskan dalam Persamaan 3.22 dan mengacu pada Gambar 3.17b, maka kelengkungannya adalah :

$$\phi = \frac{\epsilon_a}{y_a} = \frac{\epsilon_b}{y_b} \quad (3.23)$$

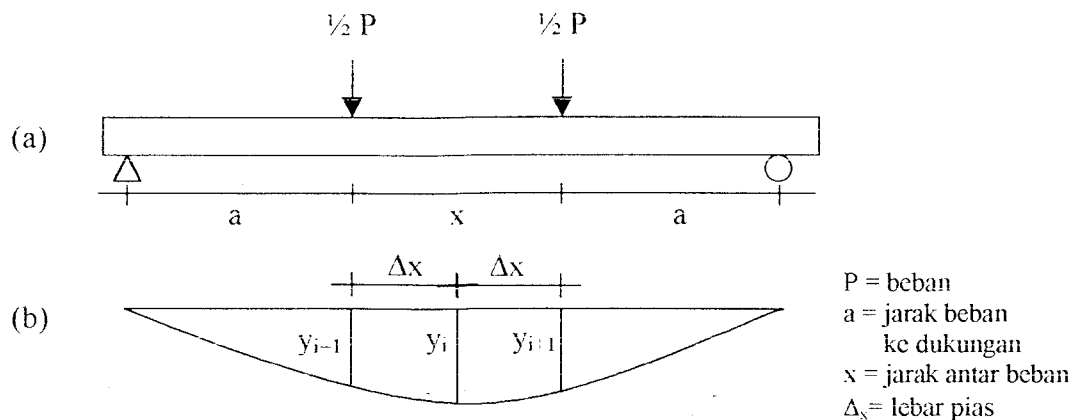
Dengan superposisi regangan, seperti pada Gambar 3.17c, kelengkungan dirumuskan :

$$\phi = \frac{\epsilon_a + \epsilon_b}{y_a + y_b} \quad (3.24)$$

Karena letak garis netral berubah-ubah, maka rumus ini kurang optimum untuk menghitung kelengkungan balok.

2. Mengukur defleksi minimal 3 titik diskrit pada balok.

Dengan pengujian kuat lentur balok didapat defleksi pada titik-titik diskrit, yaitu y_i , y_{i+1} , y_{i-1} , dengan jarak sama sebesar Δ_x (Gambar 3.18). Pendekatan kemiringan kurva menggunakan metode *Central Difference*.



Gambar 3.18 Kurva Lendutan

dalam koordinat kartesian kurva kelengkungan didefinisikan

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} \quad (3.25)$$

karena kemiringan dy/dx dari kurva elastis adalah sangat kecil, maka

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 \approx 0$$

sehingga persamaan (3.25) dapat disederhanakan menjadi

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2 y}{dx^2} = \phi \quad (3.26)$$

Pada persamaan di atas tampak bahwa kelengkungan adalah turunan kedua dari defleksi. Dari Gambar 3.18 didapat lendutannya, yaitu

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \quad (3.27)$$

Dari penurunan Persamaan 3.27 diperoleh rumus kelengkungan, yaitu

$$\phi = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \quad (3.28)$$

Dalam keadaan penampang balok masih elastis, hubungan tegangan, regangan dan modulus elastisitas (E) mengikuti hukum Hooke, yaitu :

$$f = \varepsilon E \quad (3.29)$$

yang berlaku sampai batas proporsional. Substitusi persamaan (3.22) ke persamaan (3.29) didapat

$$f = \frac{y}{\rho} E \quad (3.30)$$

Tampak bahwa tegangan pada penampang komponen yang menerima momen berbanding lurus dengan jarak serat ke garis netral. Gaya yang bekerja pada penampang dihitung dengan

$$F = \int f \, dA \quad (3.31)$$

Substitusi persamaan (3.24) ke persamaan (3.25) didapat

$$F = \frac{E}{\rho} \int y \, dA \quad (3.32)$$

Momen internal pada suatu penampang dihitung dengan persamaan

$$M = \frac{E}{\rho} \int y^2 \, dA \quad (3.33)$$

Karena $\int y^2 \, dA =$ momen inersia (I), persamaan (3.27) dapat dinyatakan dengan

$$M = \frac{EI}{\rho} \quad (3.34)$$

didapat hubungan momen kelengkungan dan faktor kekakuan lentur (EI) sebagai

$$\phi = \frac{M}{EI} \quad (3.35)$$

dengan : $f =$ tegangan, $F =$ gaya, $\varepsilon =$ regangan, $E =$ modulus elastisitas, $y =$ tinggi

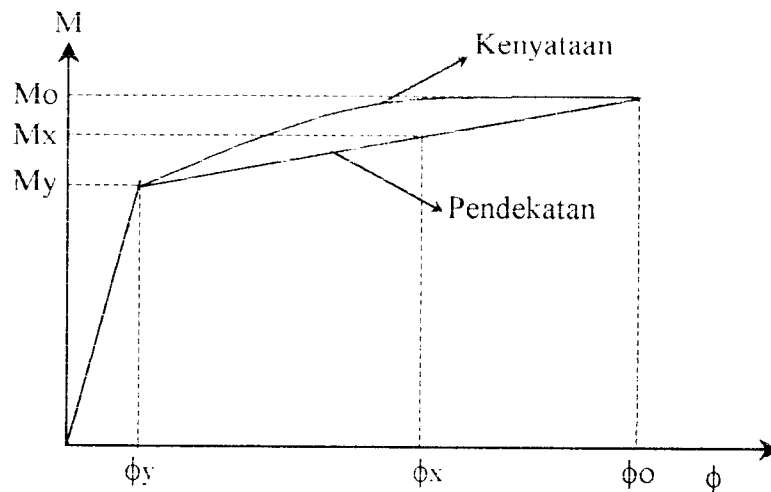
balok, $\rho =$ jari-jari kelengkungan balok, $M =$ momen, $I =$ momen inersia,

$\phi =$ kelengkungan balok

Mengacu pada Gambar 3.18a didapat besarnya momen M

$$M = \frac{1}{2} P a \quad (3.36)$$

Hubungan Momen (M) dan Kelengkungan (ϕ) ditunjukkan pada gambar 3.19 (Roufaiel dan Meyer, 1983).



Gambar 3.19 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan

3.7 Daktilitas

Daktilitas suatu bahan dapat didefinisikan sebagai banyaknya regangan permanen (*permanent strain*). Daktilitas mengijinkan konsentrasi tegangan (*locally stres*) untuk didistribusikan. Prosedur dari suatu perencanaan biasanya selalu didasarkan pada kekuatan ultimit yang membutuhkan kesatuan daktilitas yang besar, terutama untuk yang memperbaiki tegangan-tegangan dekat lubang atau perubahan yang mendadak pada bentuk batang, seperti misalnya dalam perencanaan sambungan.

Kelakuan inelastis yang daktil bisa meningkatkan beban yang mampu dipikul batang dibanding dengan beban yang ditahan jika suatu struktur tetap dalam keadaan elastis. Bila seluruh tinggi balok meleleh, diperoleh batas atas dari kekuatan momen yang disebut kekuatan plastis. Proses pembebanan di luar daerah elastis akan menyebabkan perubahan pada daktilitasnya. Sedangkan daktilitas itu sendiri dirumuskan :

$$\text{Daktilitas} = \frac{\varepsilon_{\text{tot}}}{\varepsilon_y} \quad (3.36)$$

dimana : ε_{tot} = regangan total

ε_y = regangan pada saat leleh pertama

Dalam penelitian, setelah didapat besarnya lendutan dari hubungan beban-lendutan, maka daktilitas simpangan dapat dicari dengan :

$$\mu_{\text{simpangan}} = \frac{\Delta_{\text{tot}}}{\Delta_y} \quad (3.37)$$

dimana : $\mu_{\text{simpangan}}$ = daktilitas simpangan

Δ_{tot} = lendutan total

Δ_y = lendutan pada beban maksimum

Sedangkan daktilitas kelengkungan diperoleh dari hubungan momen-kelengkungan, yaitu perbandingan antara ϕ_{tot} dan ϕ_y , yang dirumuskan :

$$\mu_{\text{kelengkungan}} = \frac{\phi_{\text{tot}}}{\phi_y} \quad (3.38)$$

dimana : $\mu_{\text{kelengkungan}}$ = daktilitas kelengkungan

ϕ_{tot} = kelengkungan total

ϕ_y = kelengkungan pada momen maksimum