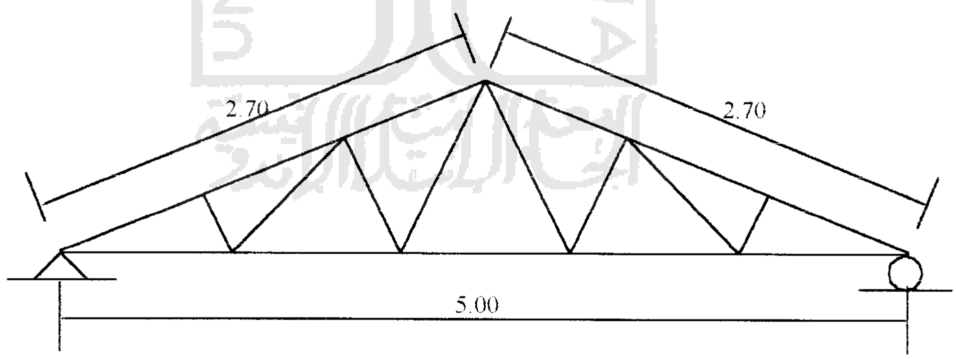
BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Kuda-kuda papan

Kuda - kuda papan ialah rangka kuda-kuda yang komponen-komponennya terbuat dari papan-papan kayu. Jika kuda-kuda tersebut menerima beban transversal maka komponen-komponennya akan menerima gaya aksial desak dan tarik, hal ini ditunjukan pada tanda (+) untuk gaya tarik dan (-) untuk gaya tekan seperti pada Gambar (3.1). Komponen struktur tekan yang terbuat dari papan kekuatannya sering dibatasi oleh masalah instabilitas (tekuk).



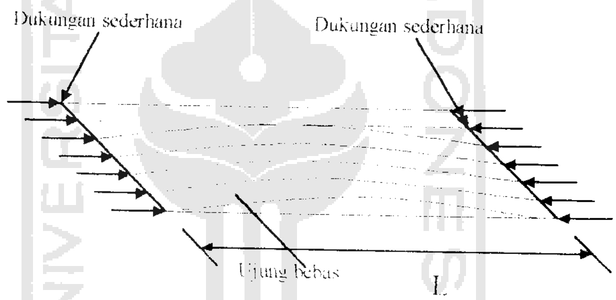
Gambar 3.1 Kerangka Kuda-Kuda Papan

3.2 Papan Kayu

Papan kayu dapat dipandang sebagai elemen pelat yang sisi-sisinya bebas. Menurut *Salmon* dan *Johnson* (1990), jika papan kayu tersebut mengalami gaya tekan maka papan bergantung kepada tegangan kritisnya yaitu:

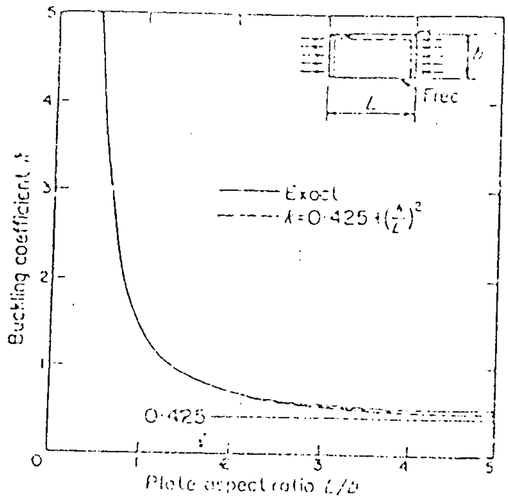
$$Fcr = \frac{k.\pi^2.E}{12(1-\mu^2)(l/t)^2} \tag{3.11}$$

dengan:Fcr = tegangan kritik, k = koefisien tekuk, π = 3.14, E = modulus elastsitas, μ = angka poisson, l = panjang papan, t = tebal papan. Dimana nilai k pada papan yang mengalami tegangan seperti Gambar (3.2).



Gambar 3.2 Tekuk Pada Pelat Bebas

Nilai koefisien tekuk plat dipengaruhi oleh kondisi tepi dan distribusi tegangan. Nilainya adalah sebagai berikut : k = 0.425 + $(l/t)^2$, dan dapat dilihat pada Gambar (3.3).



Gambar 3.3 Koefisien Tekuk Pada Pelat Bebas

Bila nilai k rasio panjang terhadap lebar papan lebih besar nilai 5 maka konstanta tekuk mendekati konstan sebesar 0.425 (*Trahrair*1988), dengan memasukan nilai E besar maka tegangan kritisnya semakin besar. Dengan nilai E didapat dari pengujian tengangan bahan dan menggunakan Tabel *PKKI* yang berdasarkan kelas kuat kayu sebagai berikut:

Tabel 3.1 Modulus Elastisitas Kayu (*PPKI*, 1961)

Kuat kelas kayu	E // (kg/cm^2)
I	250.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000

Karena dipakai kayu dengan kuat kelas II maka berdasarkan tabel di atas nilai E = 100.000 kg/cm^2

3.2.1 Penentuan Modulus Elastisitas (E) Kayu

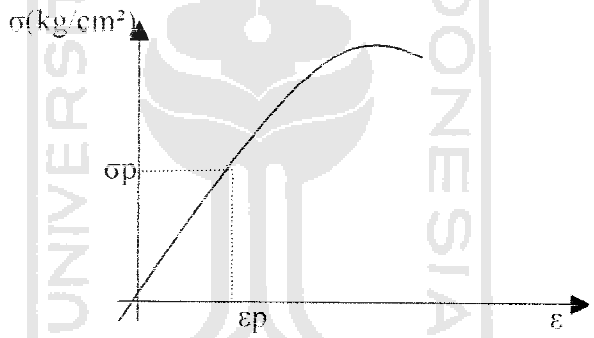
Modulus elastisitas (E) kayu dapat diperoleh dari diagram tegangan - regangan uji desak kayu yaitu dengan cara membandingkan tegangan dengan regangan kayu pada batas proposional.

$$E = \frac{\sigma_p}{\varepsilon_p} \tag{3.12}$$

Dengan : E = modulus elastisitas (kg/cm^2)

σp = tegangan sebanding (kg/cm^2)

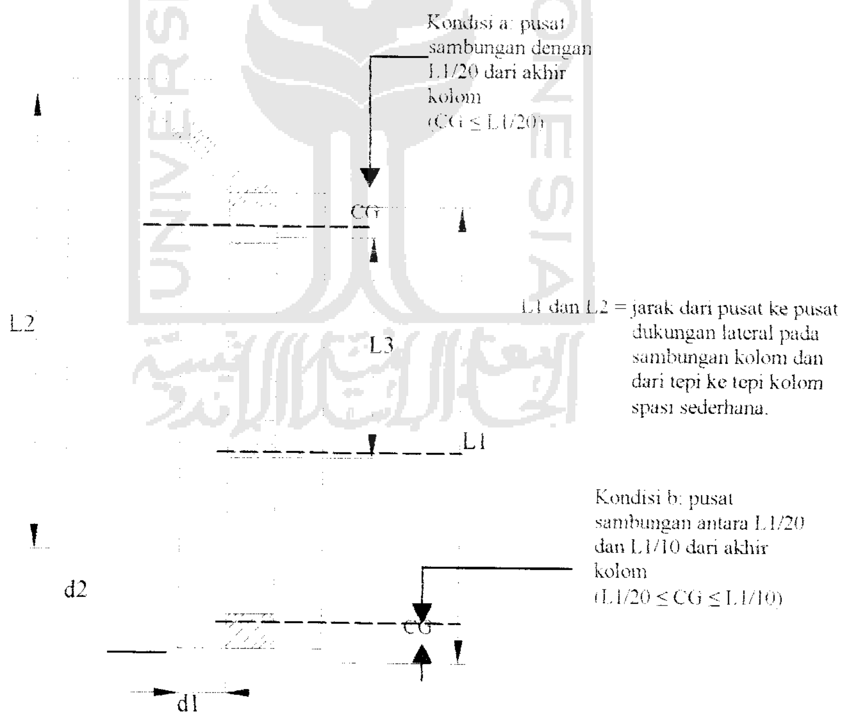
εp = regangan sebanding



Gambar 3.4 Grafik Tegangan - Regangan

Seperti diuraikan diatas bahwa sebagian rangka kuda-kuda menerima tegangan tekan, dan sebagian lagi menerima tegangan tarik. Bagian komponen yang menerima tegangan tekan ini harus diwaspadai karena komponen ini rawan terhadap peristiwa tekuk. Bagian batang yang menerima tegangan tarik ditentukan oleh tegangan batasnya, pada batang tarik masalahnya lebih kepada kekuatan bahan, yaitu kekuatan papan dan luas nettonya. Sedangkan untuk batang tekan masalahnya pada instabilitas bahan itu dalam menerima gaya-gaya yang terjadi.

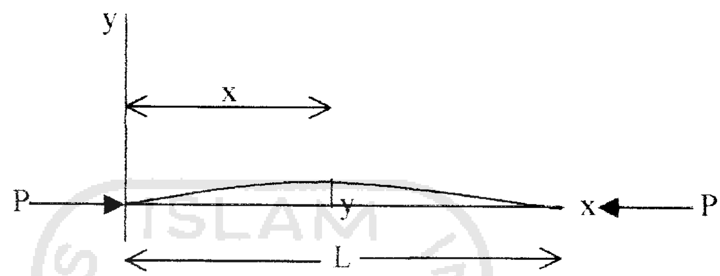
Kekuatan terhadap bidang tekan rawan terhadap tekuk puntir, untuk menghindari tekuk puntir yang terjadi maka digunakan tekuk lokal. Papan merupakan bagian yang tipis maka tekuk yang terjadi harus diperkecil menjadi tekuk lokal agar tidak terjadi buckling, dengan menggunakan pengaku (gording) pada setiap buhul, tengah batang dan memperbesar tebal papan dengan cara menggandakan penggunaan papan pada batang yang terkena tekan yang menurut Faherty disebut sebagai kolom berjarak, seperti pada Gambar (3.5) berikut ini:



Gambar 3.5 kolom spasi, penentuan kondisi akhir a dan b

3.3 Kuat Tekan

Menurut Euler yang dikemukan oleh *Salmon* dan *Johnson* (1990) kekuatan pada batang lurus yang menerima beban sebesar (P), akan mengalami pelenturan sebesar (y), dan menghasilkan momen lentur adalah seperti pada Gambar (3.6):



Gambar 3.6 Batang lurus dibebani gaya tekan aksial

$$M = -P.y \tag{3.21}$$

Karena $M = EI \dfrac{d^2y}{dx^2}$, maka persamaan (3.21) menjadi :

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -P.Y \tag{3.22}$$

dengan E = modulus elastisitas = 100.000 kg/cm², P = gaya aksial, I = inersia minimum = 1/12 bh³, dan y = pelenturan.

Penyelesaian persamaan (3.22) menghasilkan beban kritis (Pcr) sebagai berikut :

$$Pcr = \frac{\pi^2 .E.I}{L^2} \tag{3.23}$$

Persamaan (3.23) menunjukkan beban kritis menurut Euler, jika masing-masing ruas dibagi dengan luas penampang (A), akan diperoleh tegangan kritis (σkr)

$$Fcr = \frac{\pi^2 .E.I}{A.L^2} \tag{3.24}$$

Karena A/I = $1/i^2$, dan panjang (L) diganti dengan panjang tekuk (LK) maka persamaan (3.24) dapat dinyatakan dengan persamaan (3.25) dengan [LK/i] adalah kelangsingan (λ).

$$Fcr = \frac{\pi^2 . E . I}{\left[\frac{LK}{i}\right]^2} \qquad (3.25)$$

Tampak disini bahwa kuat tekan batang dipengaruhi oleh kelangsingannya, semakin langsing suatu batang, kuat tekannya semakin kecil.

3.4 Desain Kolom

Menurut *Faherty* (1989) kolom dibagi menjadi tiga macam, yang perencanaannya didasarkan pada angka rasio kelangsingan (l/d) :

1. Kolom pendek, yang angka kelangsingannya (l/d) kurang dari 11

$$Fc' = Fc \qquad (3.31)$$

2. Kolom menengah, yang angka kelangsingannya (l/d) lebih besar dari 11 tetapi kurang dari k, dengan :

$$K = 0{,}67\sqrt{\frac{E}{Fc}} \qquad (3.32)$$

$$Fc' = Fc\left[1 - \frac{1}{3}\left(\frac{Le/d}{K}\right)^4\right] \qquad (3.33)$$

Dengan nilai K besar dan angka kelangsingan kecil akan didapat nilai tegangan yang kecil, begitupun sebaliknya.

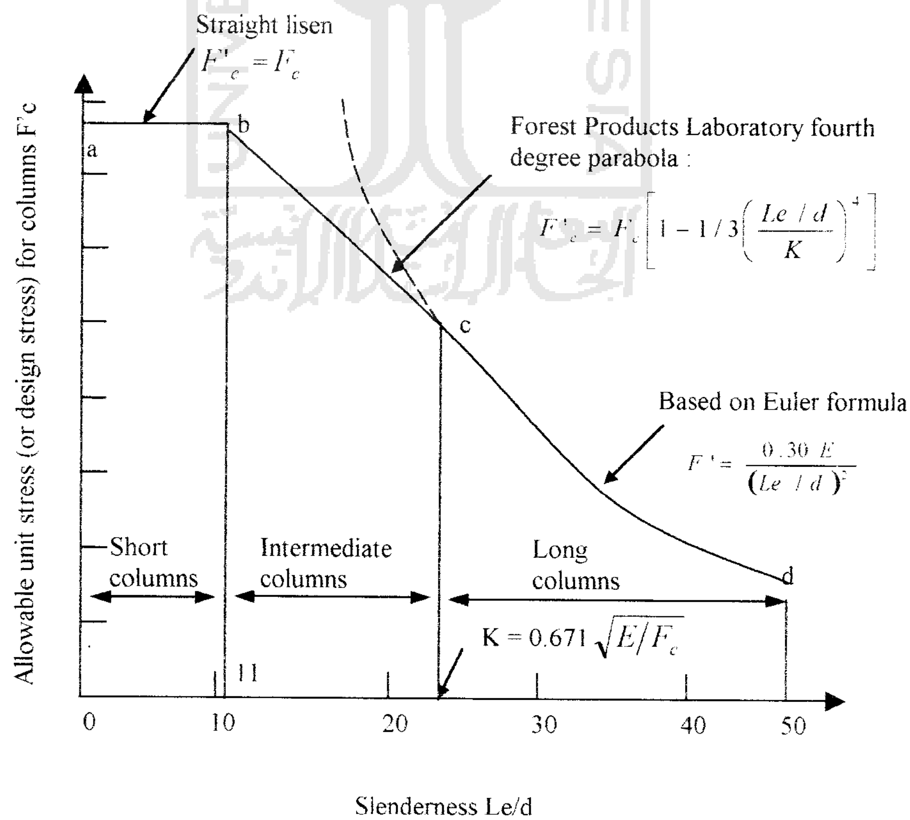
Dengan : d = lebar batang, E = modulus elastisitas kayu, Fc = tegangan ijin bahan, L = panjang efektif kolom

3. Kolom panjang, yang angka kelangsingannya lebih besar dari pada nilai k, dimana :

$$Fc' = \frac{0{,}31.E}{(L/d)^2} \qquad (3.34)$$

Dengan nilai E besar dan angka kelangsingan tetap didapat tegangan ijin besar, begitupun sebaliknya.

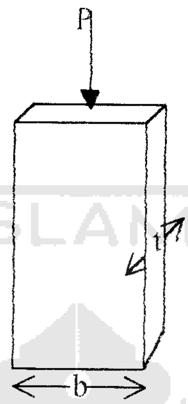
Gambar (3.7) merupakan grafik tegangan yang diperbolehkan dengan rasio kelangsingan. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi angka kelangsingan maka semakin rendah tegangan yang dapat ditahan oleh bahan.



Gambar 3.7 Grafik Tegangan Kolom Dengan Rasio Kelangsingan

3.5 Tekuk Lokal

Pada dasarnya papan dan pelat yang mengalami tekanan perilakunya sama dengan kolom. Tekuk pelat yang mengalami tekanan merata sebesar P dengan lebar = b dan tebal = t ditunjukan pada gambar (3.8).



P = beban

b = lebar

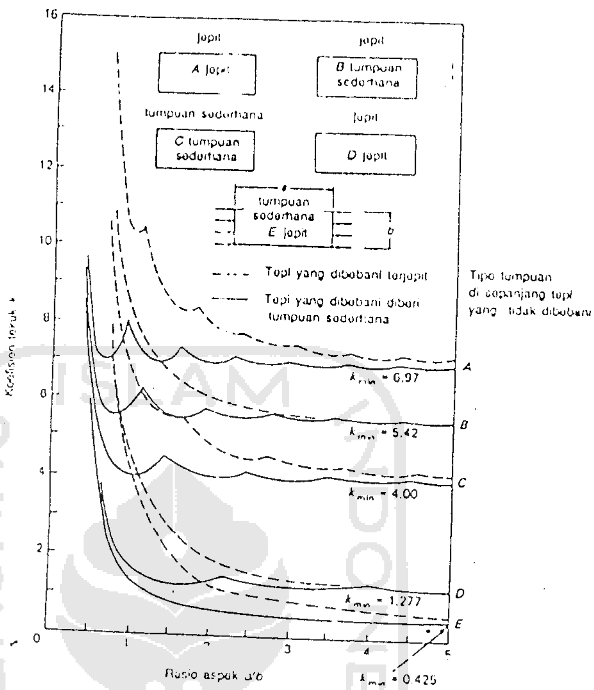
t = tebal

Gambar 3.8 Papan yang ditekan merata

Menurut *Salmon* dan *Johnson* (1990), tegangan tekuk elastik teoritik atau tegangan kritik pelat yang tertekan dinyatakan seperti pada persamaan 3.11 diatas, dengan : Fcr = tegangan kritik, k = koefisien tekuk (0,425), π = 3,14, E = modulus elastisitas, μ= rasio Poisson, b= lebar papan(10 cm), t =tebal papan (3 cm).

Tampak bahwa nilai (b/t) berpengaruh terhadap nilai Fcr dimana berpangaruh juga terhadap nilai tegangan (P =Fcr.Ag).

Nilai k tergantung dari tipe tegangan, kondisi tumpuan tepi, dan rasio panjang terhadap lebar (aspek rasio) dari pelat yang bersangkutan. Gambar (3.9) menunjukan variasi k terhadap rasio aspek a/b untuk berbagai kondisi tumpuan tepi ideal (*Salmon* dan *Johnson*, 1990).



Gambar 3.9 Koefisien tekuk elastik untuk tekan pada pelat

Terlihat bahwa untuk pelat dengan kondisi tumpuan jepit-jepit (A) nilai Kmin = 6,97. Untuk pelat dengan tumpuan sederhana-jepit (B) nilai Kmin = 5,42. Sedangkan pelat dengan tumpuan sederhana-sederhana, Kmin = 4. Dan untuk pelat jepit-bebas nilai Kmin = 1,277. Dalam penelitian ini dipakai pelat dengan tumpuan sederhana-bebas dengan nilai Kmin = 0,425. Kekuatan tekuk merupakan fungsi dari (k, b/t) dimana semakin besar nilai k, nilai (b/t) kecil maka kekuatannya semakin besar, sebaliknya jika semakin besar (b/t), nilai k kecil maka kekuatannya semakin kecil. Jika kekuatan kritis kecil maka beban kritis semakin kecil, beban kritis dapat dilihat pada persamaan (3.35):

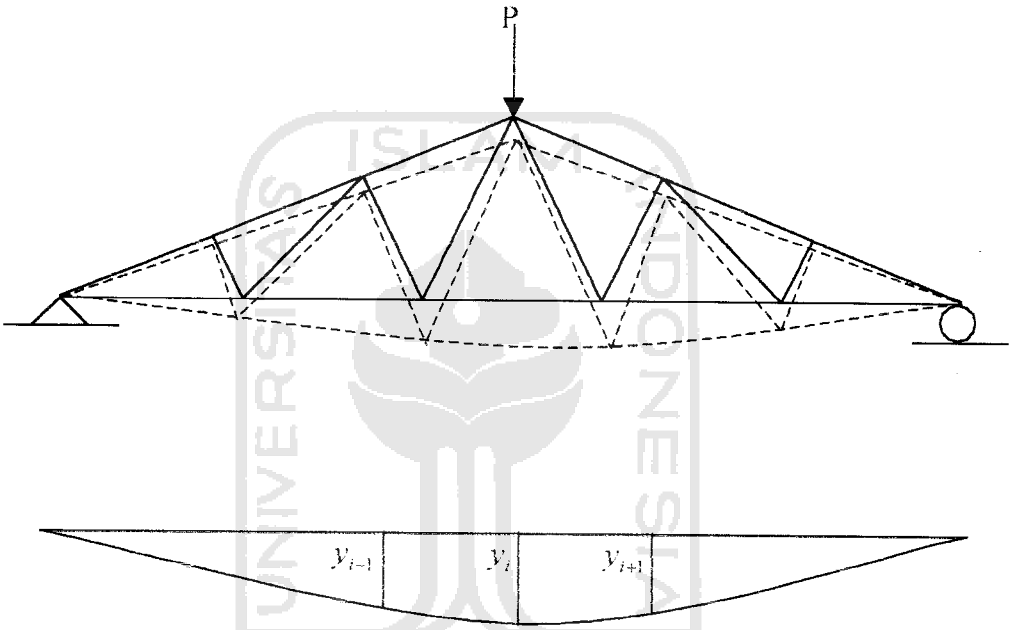
$$Pcr = Fcr \cdot Ag \qquad (3.35)$$

Dimana : Pcr = beban kritis

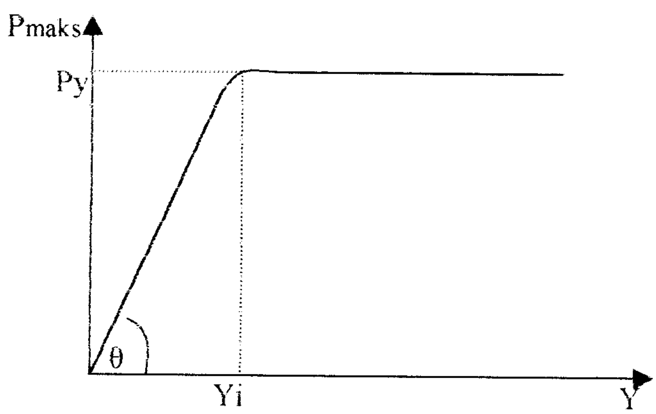
Fcr = tegangan kritis

Ag = luas gruto (b.t)

3.5. Hubungan Momen dengan Kelengkungan



Gambar 3.10 Rangka kuda-kuda yang diberi beban aksial (P) akan terjadi lendutan (Yi)



Gambar 3.11. Hubungan antara beban (P) dan Lendutan (Y).

Apabila suatu material diberi beban maka material itu secara langsung akan terdefleksi. Jika pada baja ada batas kenyal, maka pada kayu ada batas propsional, tetapi dalam praktek batas proposional itu dianggap sebagai batas kenyal seperti pada baja (*Suwarno*, 1976).

Semakin besar beban yang diberikan pada suatu material semakin besar pula defleksi yang terjadi pada material tersebut (*Lynn S. Beedle*,1958). Dari pengujian kuat tekan diperoleh defleksi pada titik-titik distrik. Pendekatan kemiringan menggunakan metode *Central Differences*.

Mengacu pada Gambar (3.11) *dy/dx* didekati dengan Persamaan (3.36)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \tag{3.36}$$

turunan kedua Persamaan (3.36) adalah :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x)\frac{d}{dx}(y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1})\frac{d}{dx}(2\Delta_x)}{(2\Delta_x)^2} \tag{3.37}$$

karena ($2\Delta_x$) adalah konstanta maka

$$\frac{d}{dx}(2\Delta_x) = 0$$

sehingga Persamaan (3.37) menjadi

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x)\frac{d}{dx}(y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta_x)^2} \tag{3.38}$$

selanjutnya dari Persamaan (3.38) didapatkan

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(2\Delta_x)^2} \tag{3.39}$$

kemudian Persamaan (3.39) disederhanakan menjadi :

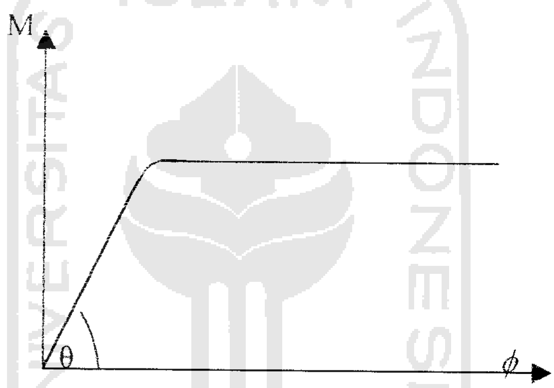
$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta_x)^2}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \phi = \frac{M}{EI}$$

$$M = EI.\phi$$

$$M = EI.\frac{d^2y}{dx^2} \tag{3.40}$$

Hubungan momen (M) dan kelengkungan (curvatur) (ϕ) ditunjukan pada Gambar (3.12) :



Gambar 3.12. Hubungan Momen (M) dan kelengkungan (ϕ)

3.6 Daktilitas

Kemampuan suatu bahan dalam mendukung banyaknya regangan permanen disebut juga daktilitas. Daktilitas dapat mendistribusikan konsentrasi tegangan. Dasar dari suatu perencanaan adalah pada kekuatan ultimit yang membutuhkan kesatuan daktilitas yang besar, terutama untuk memperbaiki tegangan-tegangan dekat lubang atau perubahan yang menandakan pada bentuk batang, seperti dalam perencanaan sambungan. Perilaku inelastis yang daktail bisa meningkatkan beban yang mampu dipikul batang dibanding dengan beban yang ditahan jika suatu struktur tetap dalam keadaan elastis. Jika seluruh tinggi papan meleleh, diperoleh batas atas dari kekuatan momen yang disebut kekuatan plastis. Proses pembebanan diluar daerah elastis akan menyebabkan perubahan pada daktilitasnya.

Rumus daktilitas adalah :

$$Daktilitas = \frac{\varepsilon_{total}}{\varepsilon_y} \tag{3.41}$$

Dimana : ε_{total} = 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 :

$$\mu_{simpangan} = \frac{\Delta_{total}}{\Delta_y} \tag{3.42}$$

Dimana : $\mu_{simpangan}$ = daktilitas simpangan

Δ_{total} = lendutan total

Δ_y = lendutan pada beban maksimum

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

$$\mu_{kelengkungan} = \frac{\phi_{total}}{\phi_y} \tag{3.43}$$

Dimana : $\mu_{kelengkungan}$ = daktilitas kelengkungan

ϕ_{total} = kelengkungan total

ϕ_y = kelengkungan pada momen maksimum

3.7 Hipotesis

Untuk menghidari dan mengurangi tekuk yang timbul pada papan kayu maka perlu diberi pengaku pada batang tekan terutama pada batang-batang tepi atas. Dengan diberi pengaku diharapkan panjang tekuk dari batang tekan mengecil. Dengan mengecilnya panjang tekuk ini maka akan dapat diperoleh angka rasio kelangsingan yang lebih kecil. Dengan lebih kecilnya angka kelangsingan maka tegangan kritis yang terjadi akan menjadi lebih besar yang berarti kuat tekan yang timbul semakin besar. Hubungan Momen (M) dan kelengkungan (*curvatur*) (ϕ) ditunjukan Gambar (3.12). Untuk setiap sampel dibuat hubungan non-dimensional $\frac{P}{P_{max}}$ versus $\frac{\Delta}{\Delta_y}$ dan $\frac{M}{M_{max}}$ versus $\frac{\phi}{\phi_y}$.