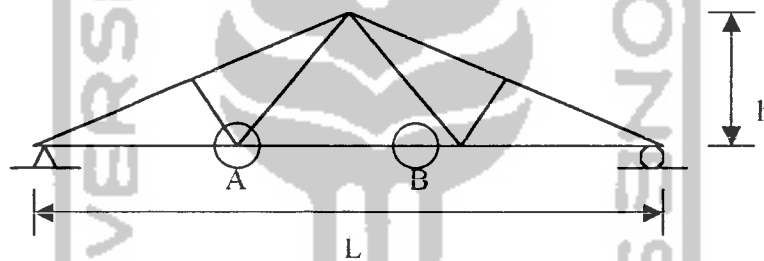


BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Kuda-kuda (*Truss Rafter*)

Kuda-kuda merupakan gabungan dari beberapa elemen kayu termasuk pengikat (*bracing*) dan lain-lain yang didesain sedemikian rupa sehingga menjadi satu kesatuan struktur yang memiliki sifat stabil terhadap seluruh kondisi pembebanan (Pryda, 1990)



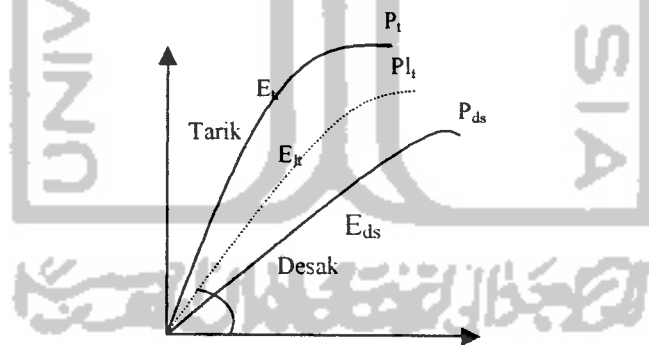
Gambar 3.1. Penampang kuda-kua *pryda* utuh dengan detail A dan B

Gambar 3.1 menunjukkan sampel kuda-kuda yang biasa digunakan pada sistem *pryda* dimana model rangka atap ini biasa disebut dengan model *fink*. Sambungan A dan B merupakan contoh detail sambungan, dimana A dan B disambung dengan *claw nailplate* dan *knuckle nailplate*. Alat sambung *claw nailplate* dan *knuckle nailplate* pelaksanaan pembuatan dilakukan di pabrik.

Pembebanan pada kayu dapat berupa:

1. Pembebanan Kejut: pembebanan yang terjadi dalam beberapa detik saja
2. Pembebanan Jangka Pendek : pembebanan yang terjadi dalam beberapa menit (pada pengujian laboratorium)
3. Pembebanan Jangka Sedang : pembebanan yang terjadi selama setahun atau lebih (pada pekerjaan perancah)
4. Pembebanan Jangka Panjang : pembebanan yang terjadi lebih dari 10 tahun (pada bangunan biasa)

Sehingga sebatang kayu yang dibebani selama 1 jam akan dapat mendukung tegangan yang lebih besar daripada, apabila dibebani selama 1 tahun. Dan kayu merupakan bahan yang baik untuk mendukung tegangan-tegangan yang timbul dalam waktu yang pendek saja. (Suwarno, 1976)



Gambar 3.2. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan untuk Gaya Tarik, Lentur, dan Desak

3.2. Alat Sambung Khusus

Alat sambung khusus di sini adalah alat sambung yang terdapat dalam rangka atap sistem *pryda*. Seluruh alat sambung khusus yang ditinjau menggunakan suatu pelat secara prinsip yang disebut *nailplate*, yang terbuat dari pelat baja galvanis dan berpaku.

Perhitungan mengenai alat sambung sistem *pryda* ini dilakukan secara komputerisasi, dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) jenis PCR-01. Adapun alat sambung khusus yang banyak digunakan di lapangan adalah : *Knuckle Nailplate*, *Claw Nailplate*, *Multigrips*, dan *Framing Bracket*. (Pryda, 1990)

3.2.1. *Knuckle Nailplate*

Knuckle Nailplate adalah alat sambung khusus berupa pelat yang memiliki lubang-lubang dimana terisi oleh paku khusus pula. Pemasangan hanya dengan memukul lubang tersebut sehingga paku menempel pada bagian yang akan disambung.



Gambar 3.3. *Knuckle Nailplate*

Lubang-lubang tersebut terisi dengan paku galvanis yang sudah didesain sedemikian rupa sehingga menjadi alat sambung yang sangat kuat. Alat sambung ini lebih cocok digunakan jika pekerjaan konstruksi memiliki upah buruh yang cukup rendah, karena tidak memerlukan keahlian khusus dan pengerjaan dilapangan.

3.2.2. *Claw Nailplate*

Claw Nailplate adalah alat sambung khusus produksi *Pryda* yang memiliki paku-paku dimana paku tersebut menjadi satu kesatuan di dalam pelat. Pemasangan *claw nailplate* agak sedikit rumit karena memerlukan mesin pres khusus.



Gambar 3.4. *Claw Nailplate*

Karena pemasangan *claw nailplate* harus dilakukan dengan alat pres khusus, maka upah tenaga kerja akan lebih besar, sebab diperlukan keahlian khusus untuk memasang alat ini.

Claw nailplate ini merupakan alat sambung khusus yang banyak digunakan pada rangka atap sistem *pryda*.

3.2.3. *Multigrips*

Multigrips berfungsi sebagai pengikat antara rangka atap dengan balok tepi (ring balok). Balok tepi berfungsi sebagai tumpuan rangka atap dan menerima beban vertikal.

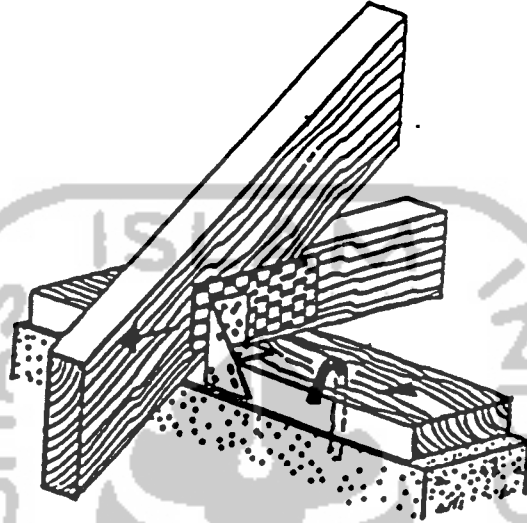


Gambar 3.5. *Multigrips*

Bentuk *multigrips* hampir menyerupai dengan *knuckle nailplate*. Perbedaannya terletak pada bentuk *multigrips*, yakni berbentuk siku.

3.2.4. Framing Bracket

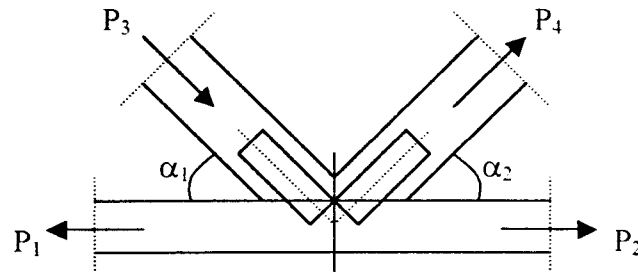
Framing Bracket adalah alat ikat antara balok anak dan balok induk.



Gambar 3.6. *Framing Bracket*

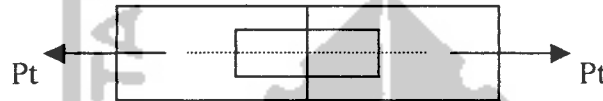
Pada kasus-kasus tertentu, dimana bentang rangka atap panjang, diperlukan framing bracket yang lebih kuat. Hal ini dikarenakan balok kayu yang dipakai rangka atap lebih besar, sehingga berat dari balok tersebut akan besar pula. Untuk mengantisipasi hal ini, dibuat framing bracket dari pelat baja galvanis yang lebih tebal dari framing bracket yang umum digunakan.

Contoh sambungan pada joint



Gambar 3.7. Gaya Batang yang Terjadi pada Sambungan A pada Gambar 3.1

Tegangan aksial beban pada rangka batang bawah :



Gambar 3.8. Gaya Batang pada Sambungan B pada Gambar 3.1

Keterangan :

P_t = Gaya batang (N)

α = Sudut antara batang diagonal dan horizontal

3.3. Konstruksi atap

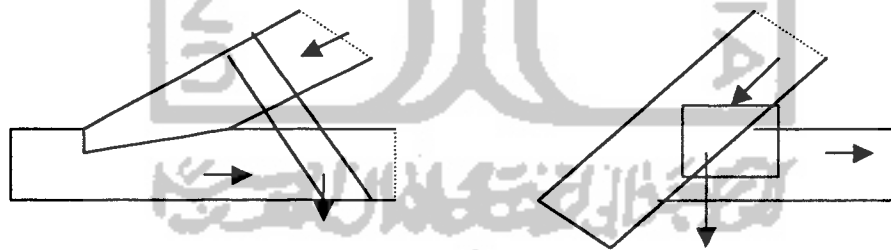
Pada rangka atap konvensional, dimensi kayu ditentukan oleh keperluan hubungan kayu. Umumnya dimensi kayu diperbesar agar menyediakan cukup tempat untuk takikan (coakan) atau kait. Dengan kata lain dimensi kayu lebih besar dari pada yang diperlukan untuk memikul beban (tegangan) pada kayu. Hal ini tidak terjadi pada rangka atap ringan. Seluruh beban (tegangan) pada sambungan dipikul oleh *nailplate* dan kayu hanya menerima beban gaya dalam

pada rangka atap. Sebagai perbandingan, tabel berikut memperlihatkan ukuran kayu yang umum digunakan untuk rangka kuda-kuda bentang 6 meter.

Tabel 3.1. Perbandingan Ukuran Kayu Kuda-Kuda Konvensional dan *Pryda*

	Rangka Atap Konvensional	Rangka atap Ringan
Batang Tepi Atas	8/12	4/10
Batang Tepi Bawah	8/12	4/10
Batang Tengah	6/12	4/7

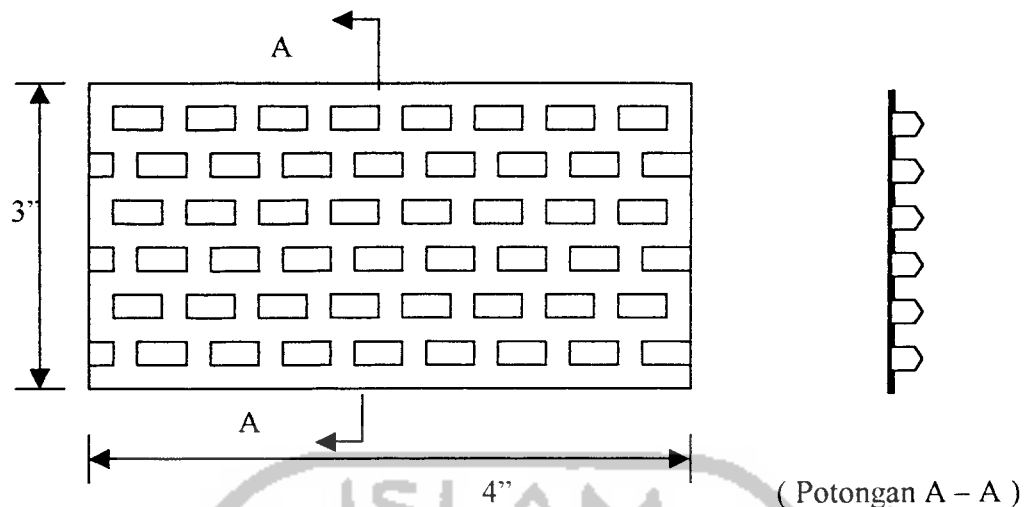
Karena rangka atap ringan tidak menggunakan gording dan kaso, maka pemakaian kayu pada rangka atap ringan dapat dihemat sampai 30 %.



(a) Beban terpusat

(b) Beban terbagi pada area yang luas

Gambar 3.9. Sambungan konvensional (a) dan sambungan sistem pryda (b)

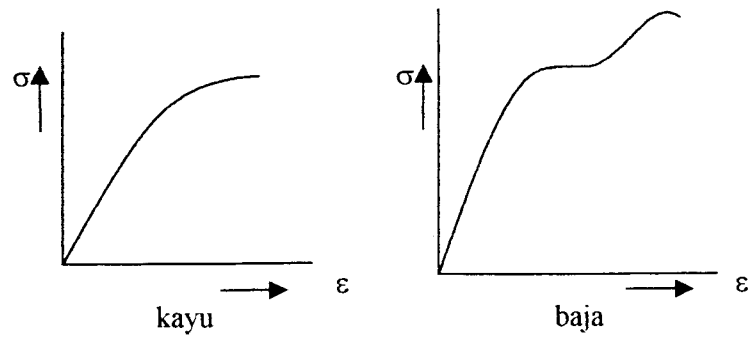


Gambar 3.10. Contoh Spesifikasi *Claw Nailplate 4 C 3* (Tampak Atas)

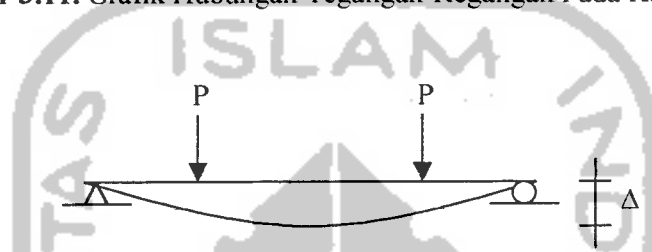
Pada contoh alat sambung *claw nailplate 4 C 3* seperti di atas, dapat dihitung jumlah paku yang terdapat pada alat sambung tersebut. Dalam satu lubang terdapat 2 paku dengan kedalaman 8 mm. Sedangkan dalam 1", terdapat 2 lubang sehingga jumlah paku yang terdapat pada alat sambung tersebut adalah 96 buah. Seluruh alat sambung *claw nailplate* memiliki ketebalan pelat sebesar 1 mm dan kedalaman paku 8 mm.

3.4. Hubungan Beban-Lendutan

Lentur yang disebabkan adanya beban akan menimbulkan lendutan secara langsung. Apabila balok tersebut sangat fleksibel, maka bisa dikatakan tidak layak digunakan, meskipun secara matematis nilai keamanan dari lentur dan geser memenuhi syarat. Pada dasarnya kayu dan baja memiliki sifat yang hampir sama, kalau pada kayu tidak mempunyai batas kenyal melainkan batas proporsional. Tetapi dalam praktek, batas proporsional itu dianggap batas kenyal seperti pada konstruksi baja. (Suwarno, 1976)



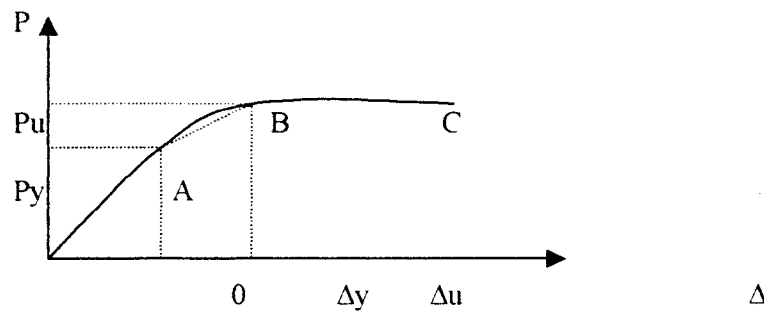
Gambar 3.11. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Pada Kayu dan Baja



Gambar 3.12. Lentur karena beban

Dengan Δ = defleksi balok P = beban total sepanjang bentang

Lynn S. Beedle, 1958, membuat suatu kesimpulan bahwa balok dukungan sederhana yang diberi beban memiliki suatu titik dimana momen akan mencapai maksimum. Semakin besar beban yang diberikan, semakin besar pula momen yang terjadi. Jika beban semakin besar, maka material yang terdeformasi semakin cepat dan defleksi juga semakin besar.



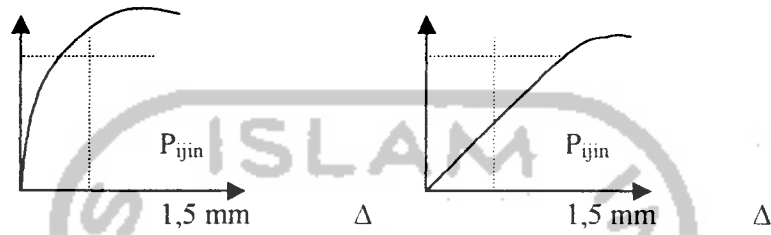
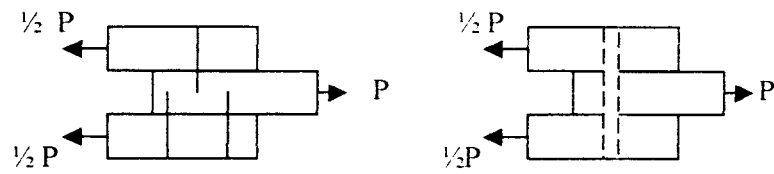
Gambar 3.13. Grafik Hubungan Beban (P) dan Lendutan (Δ) dengan kurva trilinear

Menurut penelitian yang dilakukan oleh *American Society for Testing and Material* (ASTM) yang ditulis oleh Timoshenko, 1987, bahwa kelakuan rangka hingga beban patah dinyatakan oleh garis OA pada diagram beban-lendutan dari Grafik 3.14. atau disebut juga dengan daerah elastis. Dengan penambahan beban pada rangka maka rangka akan menjadi plastis sebagian dimana ditunjukkan pada garis AB, hingga pada akhirnya rangka menjadi plastis sempurna dimana ditunjukkan pada garis BC, setelah itu rangka atau struktur tidak mampu lagi memikul tambahan beban.

Pada keadaan elastis, balok sederhana memiliki suatu titik di mana terjadi nilai hubungan antara beban dan defleksi mencapai titik maksimum.

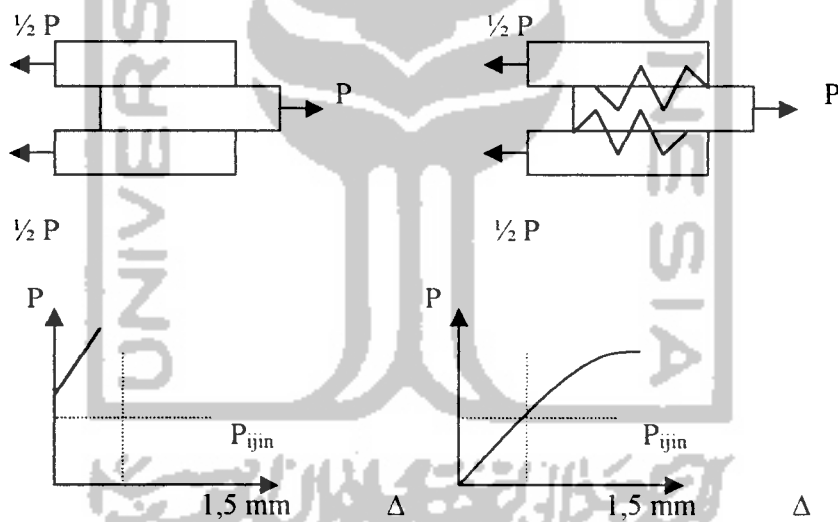
Pada keadaan elastis, balok sederhana memiliki suatu titik di mana terjadi nilai hubungan antara beban dan defleksi mencapai titik maksimum.

Dari diagram gaya sasaran ($P-\Delta$) diambil beban ijin (P_{ijin}) adalah $1/3 P_{max}$ atau diambil beban sesaran 1,5 mm dari sumbu horizontal (Δ).



Gambar 3.14. P_{ijin} pada paku

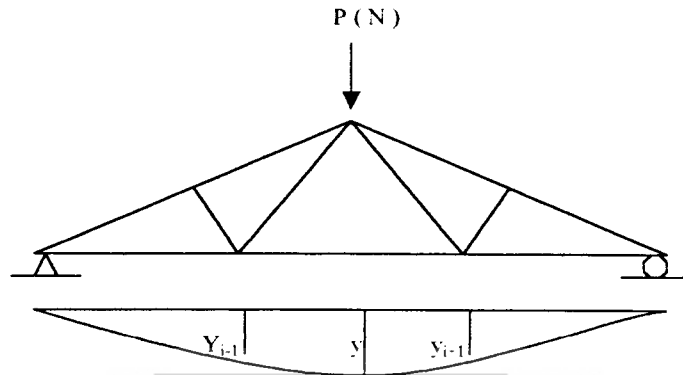
Gambar 3.15. P_{ijin} pada baut



Gambar 3.16. P_{ijin} pada perekat

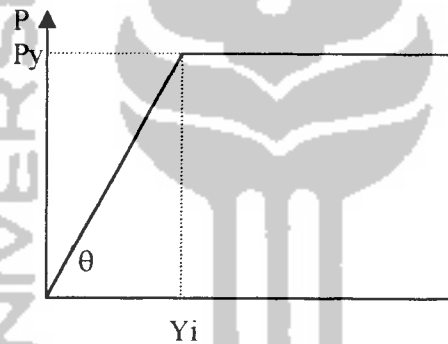
Gambar 3.17. P_{ijin} pada kokot

3.5. Hubungan Momen dengan Kelengkungan



Gambar 3.18. Rangka kuda – kuda yang diberibeban aksial (P)

sehingga terjadi lendutan (Y_i)



Grafik 3.19. Hubungan antara beban (P) dn lendutan (Y)

Apabila suatu material diberi beban maka material itu secara langsung akan terdefleksi. Semakin besar beban yang diberikan pada suatu material semakin besar pula defleksi yang terjadi pada material tersebut. Mengacu pada gambar 3.18. dy/dx didekati dengan persamaan (3.1)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \quad (3.1)$$

turunan kedua persamaan (3.1) adalah

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x)(d/dx)(y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1})(d/dx)(2\Delta x)}{(2\Delta x)^2} \quad (3.2)$$

karena $(2\Delta x)$ adalah konstan maka

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

sehingga persamaan (3.2) menjadi

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x)(d/dx)(y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta x)^2} \quad (3.3)$$

selanjutnya dari persamaan (3.3) didapatkan

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(2\Delta x)^2} \quad (3.4)$$

kemudian persamaan (3.4) disederhanakan menjadi

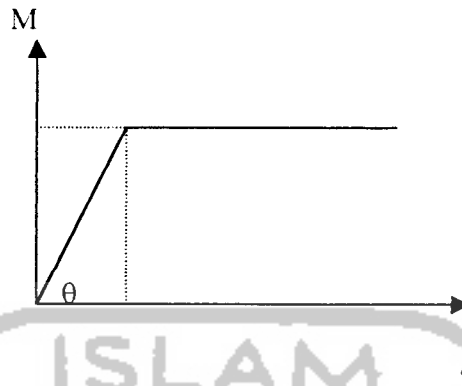
$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i+1}}{(\Delta x)^2}$$

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

$$M = EI \cdot \phi$$

$$M = EI \cdot \frac{d^2y}{dx^2} \quad (3.5)$$

Hubungan momen (M) dan kelengkungan θ (curvatur) (ϕ) ditunjukkan pada gambar (3.20)



Gambar 3.20. Hubungan momen (M) dan kelengkungan (ϕ)

3.6. Daktilitas

Kemampuan suatu bahan dalam mendukung banyaknya regangan permanen disebut juga duktilitas. Daktilitas dapat mendistribusikan konsentrasi tegangan.

Rumus daktilitas adalah :

$$\text{Daktilitas} = \frac{\epsilon_{\text{total}}}{\epsilon_y} \quad (3.6)$$

Keterangan :

ϵ_{total} = regangan total

ϵ_y = regangan pada saat leleh pertama

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

$$\mu_{\text{simpangan}} = \frac{\Delta_{\text{total}}}{\Delta_y} \quad (3.7)$$

Keterangan :

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 :

$$\mu_{\text{kelengkungan}} = \frac{\phi_{\text{total}}}{\phi_y} \quad (3.8)$$

Keterangan :

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

ϕ_{total} = kelengkungan total

ϕ_y = kelengkungan pada momen maksimum

Tabel 3.2. Tegangan Yang Diperkenankan Untuk Kayu Mutu A (PKKI 1961)

	Kelas Kuat				Jati (Tecto nagrandis)
	I	II	III	IV	
σ_{lt} (kg/cm ²)	150	100	75	50	130
$\sigma_{tk//} = \sigma_{tr//}$ (kg/cm ²)	130	85	60	45	110
$\sigma_{tk\perp}$ (kg/cm ²)	40	25	15	10	30
$\tau_{//}$ (kg/cm ²)	20	12	8	5	15