

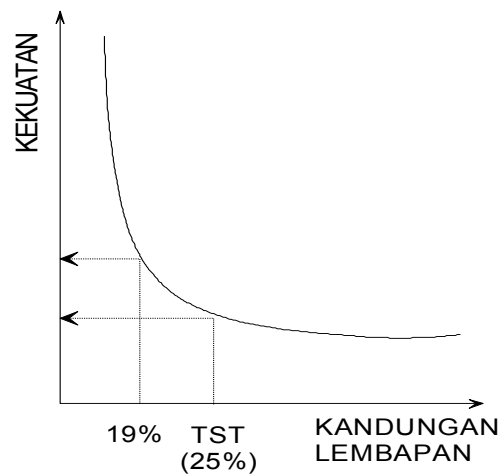
REKA BENTUK STRUKTUR KAYU MENURUT MS 544

1.0 Sifat Kayu

- Bahan semula jadi
- Sifatnya tidak boleh dikawal dan berubah
- Kekuatan kayunya berubah-ubah

1.1 Kandungan Lembapan

- Sifat kayu dipengaruhi oleh kandungan lembapan yang terdapat di dalam kayu.



- TST - Takat Scrat Tepu
 - apabila hanya lembapan terdapat dalam dinding sel
 - 25% kandungan lembapan
- 19% adalah disyorkan oleh penyelidik di Malaysia
- Kayu yang lebih kering mempunyai kekuatan yang tinggi
- Kandungan lembapan di dalam kayu mestilah 19% untuk mencapai kekuatan yang tinggi
- kandungan lembapan > 19% - lembab
 - > 19% - kering
- paksi kayu - memanjang, jejari dan tangen
- kekuatan berubah/berlainan dalam ke tiga-tiga paksi.
 - kekuatan lentur
 - tegangan selari dengan ira
 - riceh selari dengan ira
 - mampatan bersudut tepat dengan ira

1.2 Gred Kayu

- Asas - tidak ada kecacatan
- Terdapat tiga gred sahaja
 - Select
 - Standard
 - Common
- Ia mengikut kecacatan yang ada pada kayu
 - kecerunan ira
 - lengkung (tidak lurus)
 - buku
- Perlu di gred kerana kecacatan pada kayu tidak dapat dielakkan
- Select < standard < common

← kurang kecacatan →

1.3 Kumpulan Kayu

- Empat kumpulan mengikut kekuatan
- A, B, C dan D

→ kekuatan menurun →

2.0 Reka Bentuk Kayu

2.1 Tegasan Asas

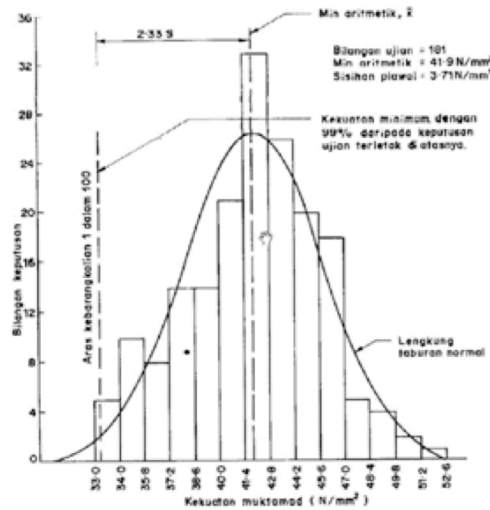
- adalah tegasan yang boleh ditanggung secara kekal dan selamat oleh kayu yang tidak mempunyai ciri-ciri yang boleh mengurangkan kekuatannya.

$$\sigma_{\text{ asas }} = \frac{\bar{x} - ks}{F_s} \text{ di mana } x = \text{purata}$$

$$k = 2.33$$

$$s = \text{sisihan piawai}$$

$$F_s = \text{Faktor keselamatan}$$



2.2 Tegasan Gred

- $\sigma_{\text{gred}} = \sigma_{\text{asas}} \times \text{nisbah kekuatan.}$ (Jadual 1.4)

2.3 Tegasan Izin

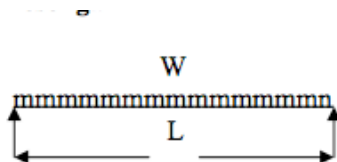
- sebagai tegasan yang boleh ditanggung dengan selamat oleh sesuatu komponen struktur di bawah keadaan khidmat dengan bebanan tertentu
- **tegasan izin = tegasan gred x faktor-faktor ubah suai.**

3.0 Reka Bentuk Anggota Lentur

- Contoh : rasuk, gelegar, kasau, jeriau
- Nilai izin \geq nilai sebenar
- Beban, $W = 1.0 G_k + 1.0 Q_k$

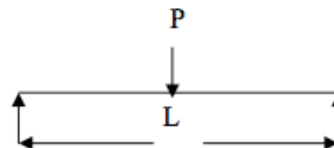
3.1 Pertimbangan Reka Bentuk Anggota Lenturan

a) Pesongan



$$\Delta_s = \frac{5WL^3}{384EI}$$

$$\Delta_p = 0.003L$$



$$\Delta_s = \frac{PL^3}{48EI}$$

- sistem kongsi beban
 - bilangan anggota ≥ 4
 - jarak antara anggota ≤ 610 mm
 - gunakan E purata

b) Tegasan Lentur

$$I = \frac{bd^3}{12} \quad y = \frac{d}{2}$$

Modulus keratan;

$$Z = \frac{I}{y} = \frac{bd^2}{6}$$

$$f_s = \frac{M}{Z}$$

$$f_p = f_g \times k_1 \times k_{kb} \times k_4 \times k_5$$

di mana,

f_g	=	tegasan lentur
k_1	=	tempoh beban
k_{kb}	=	kongsi beban
k_4	=	bentuk anggota
k_5	=	ukur dalam rasuk

c) Tegasan Ricih

$$q_s = \frac{V}{\text{Luas keratan}} \times 1.5$$

$$q_p = q_g \times k_1 \times k_{kb} \times k_3$$

di mana,

q_g	=	tegasan ricih selari dengan ira
k_3	=	tarikan di hujung anggota

d) Tegasan Galas

$$C_{ts} = \frac{\text{Tindak balas}}{\text{Luas galas}}$$

$$C_{tp} = C_{tg} \times k_1 \times k_{kb} \times k_2$$

di mana,

C_{tg} = tegasan mampatan bersudut tepat dengan ira

k_2 = panjang galas

e) Kestabilan Sisi

$$\left(\frac{D}{B}\right)_s < \left(\frac{D}{B}\right)_p$$

(Rujuk Jadual 2.4)

di mana, D = Ukur dalam
 B = Lebar

Jadual 2.4: Nisbah maksimum ukur dalam kepada lebar (anggota pejal)
(MS 544 – Table 3.9)

Darjah sokongan sisi	Nisbah maksimum ukur dalam – lebar
Tiada sokongan sisi.	2
Hujung-hujung dipegang pada kedudukannya.	3
Hujung-hujung dipegang pada kedudukannya dan anggota dipegang dalam barisan, seperti oleh gulung-gulung atau batang pengikat.	4
Hujung-hujung dipegang pada kedudukannya dan bahagian mampatan dipegang dalam barisan, seperti secara sambungan langsung dengan papan lantai, geladak atau gelegar.	5
Hujung-hujung dipegang pada kedudukannya dan bahagian mampatan dipegang dalam barisan, seperti secara sambungan langsung dengan papan lantai, geladak atau gelegar, berserta dengan rembatan yang cukup pada jarak luang tidak melebihi 6 kali ukur dalamnya.	6
Hujung-hujung dipegang pada kedudukannya dan kedua-dua bahagian atas dan bawah anggota dipegang teguh dalam barisan.	7

Contoh 3.1

Lantai sederet rumah persinggahan terdiri daripada papan-papan kayu tanggam alur dan lidah setebal 20 mm yang disusun dan dipakukan di atas gelegar. Jarak ruang antara gelegar ialah 500 mm. Gelegar-gelegar ini disokong di atas rasuk utama yang terletak pada jarak 2.5 m antara satu sama lain. Rasuk utama yang terletak pada jarak 2.5 m antara satu sama lain. Rasuk utama dibolatkan ke tiang pada jarak rentang 4.0 m. Tentukan saiz rasuk utama dan gelegar jika kayu kumpulan A gred standard digunakan dalam pembinaan rumah persinggahan ini.

Langkah pertama dalam menyelesaikan masalah ini ialah menentukan beban yang perlu disokong oleh anggota-anggota lentur tersebut. Dua jenis beban perlu ditentukan, iaitu beban mati yang terdiri daripada berat sendiri papan lantai, gelegar, rasuk utama dan beban kemas lantai (jika ada) serta beban kenaan yang terdiri daripada berat orang yang akan menginap di rumah itu, perabot dan perkakas-perkakas lain. Dengan mengambil ketumpatan kayu bersamaan dengan $1\,000\text{ kg/m}^3$ (suatu nilai yang cukup tinggi untuk kayu kayan Malaysia), berat sendiri papan lantai ialah 0.2 kN/m^2 . Basikan sebanyak 0.2 kN/m^2 lagi sebagai berat gelegar dan berat rasuk utama yang saiznya belum lagi diketahui. Daripada *CP3 : Chapter V : Part 1 : 1967*, beban kenaan di atas lantai kediaman ialah 1.5 kN/m^2 .

Ringkasnya beban bagi lantai rumah persinggahan ini ialah:

$$\begin{aligned}\text{Beban mati (berat sendiri papan lantai, gelegar dan rasuk utama)} &= 0.4\text{ kN/m}^2 \\ \text{Beban Kenaan} &= 1.5\text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Berdasarkan saranan BRE (lihat Bahagian 2.2.1), beban kenaan teragih seragam bagi lantai kediaman dikira sebagai 100% kekal. Berpandukan **Jadual 2.2** hanya satu kes rekabentuk yang perlu diperhatikan iaitu hasil tambah beban mati dengan 100% beban kenaan.

Untuk mengelakan pesongan rayap, kayu dalam keadaan kering akan digunakan. Daripada **Jadual 1.7** diperolehi:

$$\begin{aligned}f_g &= 15.86\text{ N/mm}^2 & E_m &= 9\,650\text{ N/mm}^2 \\ q_g &= 1.79\text{ N/mm}^2 & C_{tg} &= 1.52\text{ N/mm}^2 \\ E_p &= 14\,750\text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Rasuk Utama

Beban yang bertindak ke atas rasuk utama merupakan tindak balas gelegar, iaitu merupakan beban-beban titik pada jarak 0.5 m. Jarak ini boleh dianggap dekat dan untuk

memudahkan kiraan rekabentuk, kedan tindakan beban-beban titik ini boleh dibuat sama nilai dengan beban teragih seragam.

$$\begin{aligned}w &= 2.5 (0.4 + 1.5) = 4.75 \text{ kN/m} \\L &= 4.0 \text{ m}\end{aligned}$$

Rasuk utama disokong mudah pada tiang.

Dengan mencuba saiz namaan 100 mm x 275 mm dan menganggap kayu ini diketam pada ke empat-empat sisinya, maka saiz minimum untuk rekabentuk ialah 90 mm x 265 mm. Saiz ini perlu ditempah khas dari kilang kayu kerana bukan saiz standard.

Hujung rasuk ini dipegang pada kedudukannya dengan cara diboltkan pada tiang dan bahagian atasnya dipegang oleh gelegar. Daripada **Jadual 2.4**, nisbah maksimum ukur dalam – lebar keratan yang dibenarkan ialah 5.

$$\left(\frac{\text{Ukur dalam}}{\text{Lebar}} \right)_{\text{sebenar}} = \frac{265}{90} = 2.94 < 5$$

Kestabilan sisinya mencukupi.

ANGGOTA LENTUR

Momen lentur maksimum di pertengahan rentang rasuk,

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{4.75 \times 4.0^2}{8} = 9.5 \text{ kNm}$$

$$Z = \frac{BD^2}{6} = \frac{90 \times 265^2}{6} = 1.05 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

maka,

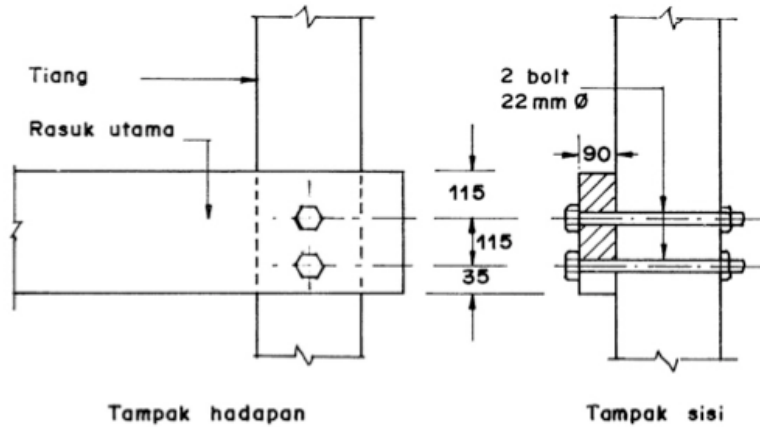
$$f_s = \frac{M}{Z} = \frac{9.5 \times 10^6}{1.05 \times 10^6} = 9.02 \text{ N/mm}^2$$

maka,

$$f_p = f_g = k_1 \times k_{kb} \times k_4 \times k_5 = 15.86 \text{ N/mm}^2$$

Oleh itu tegasan lentur sebenar kurang daripada tegasan lentur izin.

Untuk menyemak tegasan ricih, sambungan bolt antara hujung rasuk dengan tiang perlu ditinjau dahulu. Sambungan ini ialah seperti dalam **Rajah 3.1**.



Rajah 3.1

Luas keratan yang berkesan menahan ricih ialah kawasan berlorek seperti pada pandangan sisi, Rajah 3.1

Daya ricih maksimum ialah:

$$V = 4.75 \times 4/2 = 9.5 \text{ kN}$$

$$q_s = 1.5 \times \frac{9.5 \times 10^3}{90 \times 230} = 0.69 \text{ N/mm}^2$$

Faktor ubahsuai tegasan ricih ialah:

$$K_1 = 1.0 \text{ (jangka panjang)}$$

$$K_{kb} = 1.0 \text{ (anggota utama)}$$

$$K_3 = 1.0 \text{ (hujung anggota tidak ditakik)}$$

maka,

$$q_p = q_g = 1.79 \text{ N/mm}^2$$

Oleh itu tegasan ricih maksimum sebenar kurang daripada tegasan ricih izin.

Pesongan sebenar rasuk ialah:

$$\Delta_s = \frac{5wL^4}{384EI} \text{ (pesongan ricih diabaikan)}$$

E_m digunakan untuk rasuk utama

$$\Delta_s = \frac{5 \times 4.75(4 \times 10^3)^4}{384 \times 9650 \times \frac{90 \times 265^3}{12}}$$

$$= 11.76 \text{ mm}$$

Pesongan yang dibenarkan ialah:

$$\Delta_p = 0.003 \times 4 \times 10 = 12 \text{ mm}$$

Oleh itu, pesongan memuaskan.

Tegasan galas tidak perlu disemak kerana disokong secara sambungan bolt. Jadi, saiz rasuk utama ialah 100 mm x 275 mm namaan (90 mm x 265 mm minimum).

Gelegar

Anggota ini memenuhi syarat sistem kongsi beban kerana jarak luangnya 500 mm iaitu kurang daripada 610 mm, bilangannya melebihi 4, dan papan lantai tanggam lurah dan lidah dapat mengagihkan beban dan dalam arah sisi.

Anggapkan gelegar disokong mudah di atas rasuk utama:

$$w = 0.5 (0.4 + 1.5) = 0.95 \text{ kN/m}$$

$$L = 2.5 \text{ m}$$

Dengan mencuba saiz namaan 50 mm x 125 mm dan dengan menganggap kayu ini diketam rata pada permukaan atas dan bawahnya sahaja, maka saiz minimum rekabentuk ialah 50 mm x 115 mm.

Hujung gelegar dipakukan (paku condong) ke rasuk utama dan bahagian mampatannya ditetapkan oleh papan lantai.

Jadi;

$$\left(\frac{\text{Ukur dalam}}{\text{Lebar}} \right)_{\text{izin}} = 5, \text{ Jadual 2.4}$$

$$\left(\frac{\text{Ukur dalam}}{\text{Lebar}} \right)_{\text{sebenar}} = \frac{115}{50} = 2.3$$

Kestabilan sisi, memuaskan.

Momen lentur maksimum di pertengahan rentang,

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{0.9 \times 2.5^2}{8} = 0.703 \text{ kNm}$$

$$Z = \frac{BD^2}{6} = \frac{50 \times 115^2}{6} = 110.2 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$f_s = \frac{0.703 \times 10^6}{110.2 \times 10^3} = 6.38 \text{ N/mm}^2$$

Faktor-faktor ubah suai tegasan lentur ialah:

$$\begin{aligned} K_1 &= 1.0 \text{ (beban jangka panjang)} \\ K_{kb} &= 1.1 \text{ (sistem kongsi beban)} \\ K_4 &= 1.0 \text{ (segiempat bujur)} \\ K_5 &= 1.0 \text{ (ukur dalam kurang daripada 300 mm)} \end{aligned}$$

maka,

$$f_p = f_g \times K_{kb} = 15.86 \times 1.1 = 17.4 \text{ N/mm}^2$$

Tegasan lentur, memuaskan.

Gelegar diletakkan di atas rasuk utama. Jadi keseluruhan keratannya berkesan menahan tegasan ricih.

$$\text{Daya ricih, } V = 0.95 \times \frac{2.5}{2} = 1.19 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} q_s &= 1.5 \times \frac{1.19 \times 10^3}{50 \times 115} \\ &= 0.21 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Semua faktor ubah suai tegasan ricih ialah 1.0, kecuali K_{kb} bersamaan dengan 1.1, dengan itu:

$$q_p = q_g \times 1.1 = 1.79 \times 1.1 = 1.97 \text{ N/mm}^2$$

Tegasan ricih juga memuaskan.

Untuk mengira pesongan, nilai E_p digunakan bagi sistem kongsi beban. Satu lagi syarat yang perlu dipenuhi ialah:

$$\frac{f_s}{f_p} = \frac{6.38}{17.4} = 0.37 < 0.6 \text{ (60\%)}$$

Tetapi menurut syor BRE, syarat ini boleh diketepikan bagi lantai kediaman. Oleh itu pesongan gelegar ialah:

$$\begin{aligned} \Delta_s &= \frac{5 \times 0.95 (2.5 \times 10^3)^4}{384 \times 14750 \times \frac{50 \times 115^3}{12}} \\ &= 5.17 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pesongan yang dibenarkan ialah:

$$\Delta_p = 0.003 \times 2.5 \times 10^3 = 7.5 \text{ mm}$$

Oleh itu pesongan memuaskan.

Luas galas ialah lebar rasuk x lebar gelegar dan panjang galas ialah lebar rasuk, iaitu 90 mm. Katakan hujung gelegar dilebihkan sekurang-kurangnya 75 mm keluar dari permukaan luar rasuk, maka faktor ubah suai untuk tegasan galas ialah:

$$\begin{aligned} K_1 &= 1.0 \\ K_{kb} &= 1.1 \\ K_2 &= 1.116 \text{ (bagi panjang galas, 90 mm)}. \end{aligned}$$

Tegasan galas sebenar,

$$C_{ts} = \frac{R}{A_a} = \frac{1.19 \times 10^3}{50 \times 90} = 0.26 \text{ N/mm}^2$$

Tegasan galas izin,

$$\begin{aligned} C_{tp} &= C_{tg} \times 1.1 \times 1.116 \\ &= 1.52 \times 1.1 \times 1.116 \\ &= 1.86 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Tegasan galas mencukupi.

Jika wane tidak wujud pada gelegar, C_{tg} bersamaan dengan tegasan asas mampatan tegak dengan ira, iaitu 1.93 N/mm^2 . Oleh yang demikian saiz gelegar ialah $50 \text{ mm} \times 125 \text{ mm}$. Dua keping kayu ini diboltkan pada sisi kiri dan kanan tiang dan menanggung beban secara bersama. Bagi memperkukuhkan lagi tindakan bersama, beberapa blok penyendal dipasangkan pada jarak luang tertentu di sepanjang rentang. Oleh kerana dua keping kayu ini bertindak menanggung beban bersama, maka nilai E_N boleh digunakan dalam kiraan pesongan.

$$\begin{aligned} E_N &= \frac{E_p - E_m}{\sqrt{N}} \\ &= 14\,750 - \frac{14\,750 - 9\,650}{\sqrt{2}} \\ &= 11\,144 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, pesongan rasuk utama yang terdiri daripada anggota kembar ini ialah:

$$\begin{aligned} \Delta_s &= \frac{5 \times 4.75 (4 \times 103)^4}{384 \times 11.144 \times \frac{2 \times 45 \times 265^3}{12}} \\ &= 10.18 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berbanding dengan 11.76 mm jika menggunakan satu anggota.

CONTOH 3.2

Lantai bilik asrama sekolah terdiri daripada papan-papan kayu yang disusun dan dipakukan di atas gelegar. Jarak antara gelegar ialah 500 mm dan disokong di atas rasuk utama yang terletak pada jarak 3.0 m antara satu sama lain. Rasuk utama diboltkan ke tiang pada jarak rentang 4.0 m .

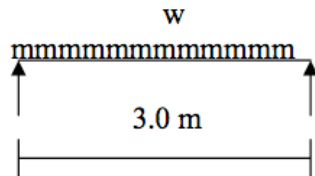
Tentukan saiz gelagar jika kayu kumpulan B, Gred standard digunakan dalam pembinaan bilik asrama ini.

Diberi;

Beban mati	=	0.2 kN/m^2
Beban kenaan	=	1.5 kN/mm^2

PENYELESAIAN

$$\begin{aligned}\text{Jumlah beban jangka panjang} &= \text{Beban mati} + \text{Beban kenaan} \\ &= 0.2 + 1.5 \\ &= 1.7 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Beban teragih, } w &= 0.5 \times 1.7 \\ &= 0.85 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W &= 0.85 \times 3 \\ &= 2.55 \text{ kN}\end{aligned}$$

Pertimbangan Reka Bentuk

1. Pesongan

$$\begin{aligned}\Delta_p &= \text{pesongan izin} \\ &= 0.003 L \\ &= 0.003 \times 3 \times 10^3 \\ &= 9.0 \text{ mm} \\ \Delta_s &= \text{pesongan sebenar} \\ &= \frac{5 W L^3}{384 E I}\end{aligned}$$

Kayu kumpulan B, Gred Standard dan kering

$$E \text{ purata} = 11720 \text{ N/mm}^2 = 11.72 \text{ kN/mm}^2$$

Cuba saiz lebar gelegar, $B = 45 \text{ mm}$
(Saiz sebenar 50 mm)

Tinggi gelegar, D akan ditentukan.

$$\frac{5 \times 2.55 \times (3 \times 10^3)^3}{384 \times 11720 \times \frac{45 \times D^3}{12}} \leq 9$$

$$D > \sqrt[3]{\frac{5 \times 2.55 \times (3 \times 10^3)^3 \times 12}{384 \times 11.72 \times 45 \times 90}}$$

$$> 131.36 \text{ mm}$$

$$\Delta_{\text{sebenar}} \leq \Delta_{\text{izin}}$$

Gunakan saiz gelegar, $D = 140 \text{ mm}$ (Jadual 1.9)

Saiz gelegar : 50×150 (saiz namaan)

$$\Delta_{\text{sebenar}} = \frac{5 \times 2.55 \times (3 \times 10^3)^3}{384 \times 11.72 \times \frac{45 \times 140^3}{12}}$$

$$= 7.41 \text{ mm}$$

$$\Delta_s < \Delta_p \text{ OK!!}$$

2. Tegasan Lentur

$$f_s = \text{tegasan lentur sebenar}$$

$$= \frac{M}{Z} \text{ di mana } M = \frac{WL}{8} \quad Z = \frac{BD^2}{6}$$

$$= \frac{2.55 \times 3}{8} \times 10^6 \times \frac{45 \times 140^2}{6}$$

$$= 6.51 \text{ N/mm}^2$$

$$f_p = \text{tegasan lentur izin}$$

$$= f_g \times k_1 \times k_{kb} \times k_4 \times k_5$$

$$= 12.41 \times 1.0 \times 1.1 \times 1.0 \times 1.0$$

$$= 13.651 \text{ N/mm}^2$$

$$f_s < f_p \text{ OK!!!}$$

2. Tegasan Richeh

$$\begin{aligned}q_s &= \text{tegasan richeh sebenar} \\&= 1.5 \frac{V}{\Lambda} \text{ di mana } V = \frac{W}{2}, \quad A = BD \\&= \frac{1.5 \times \frac{2.55}{2} \times 10^3}{45 \times 140} \\&= 0.303 \text{ N/mm}^2 \\q_p &= \text{tegasan richeh izin} \\&= q_p \times k_1 \times k_{kb} \times k_3 \\&= 1.17 \times 1.0 \times 1.1 \times 1.0 \\&= 1.287 \text{ N/mm}^2 \\q_s &< q_p \quad \text{OK!!!}\end{aligned}$$

3. Tegasan Galas

$$\begin{aligned}C_{ts} &= \text{tegasan galas izin} \\&= \frac{R}{Aa} \text{ di mana } R = \frac{W}{2}, \quad Aa = \text{luas galas} \\&= \frac{\frac{2.55}{2} \times 10^3}{45 \times 90} \\&= 0.315 \text{ N/mm}^2 \\C_{tp} &= \text{tegasan galas izin} \\&= C_{tg} \times k_1 \times k_{kb} \times k_2 \\&= 0.96 \times 1.0 \times 1.1 \times 1.0 \\&= 1.056 \text{ N/mm}^2 \\C_{ts} &< C_{tp} \quad \text{OK!!!}\end{aligned}$$

4. Kestabilan Sisi

$$D = \begin{array}{l} \text{tinggi sebenar} \\ = 140 \text{ mm} \end{array} \quad B = \begin{array}{l} \text{lebar gelegar} \\ = 45 \text{ mm} \end{array}$$

$$\left(\frac{D}{B}\right)_{\text{sebenar}} = \frac{140}{45} = 3.11$$

$$\left(\frac{D}{B}\right)_{\text{izin}} = 5 \quad (\text{Jadual 2.4})$$

$$\left(\frac{D}{B}\right)_s < \left(\frac{D}{B}\right)_p \quad \text{OK!!!}$$

Gunakan saiz gelegar : 50 x 150mm

Jadual 1.7: Tegasan dan modulus keanjalan kering* untuk kumpulan kekuatan (N/mm²) (MS 544 – Table 3.5)

Kumpulan	Gred	Lentur	Tegangan selari dengan ira	Mampatan selari dengan ira	Mampatan seranjang dengan ira	Ricih selari dengan ira	Modulus keanjalan	
							Purata	Minimum
A	Asas	25.20	-	22.27	1.93	3.24	14 750	9 650
	Select	20.00	12.00	17.58	1.59	2.28		
	Standard	15.86	9.52	13.79	1.52	1.79		
	Common	12.60	7.56	11.14	1.45	1.45		
B	Asas	19.86	-	16.06	1.24	2.14	11 720	6 550
	Select	15.86	9.52	12.75	1.03	1.52		
	Standard	12.41	7.45	10.00	0.96	1.17		
	Common	9.65	5.79	7.93	0.90	0.90		
C	Asas	14.48	-	11.03	0.76	1.45	9 310	5 510
	Select	11.38	6.83	8.62	0.62	1.03		
	Standard	8.96	5.38	6.89	0.59	0.76		
	Common	7.24	4.34	5.51	0.55	0.62		
D	Asas	9.65	-	8.27	0.62	1.38	6 550	3 100
	Select	7.58	4.55	6.55	0.52	0.97		
	Standard	5.51	3.31	5.17	0.48	0.76		
	Common	4.83	2.90	4.14	0.45	0.62		

Nota: * Kayu yang mempunyai kandungan lembapan lebih daripada 19%.

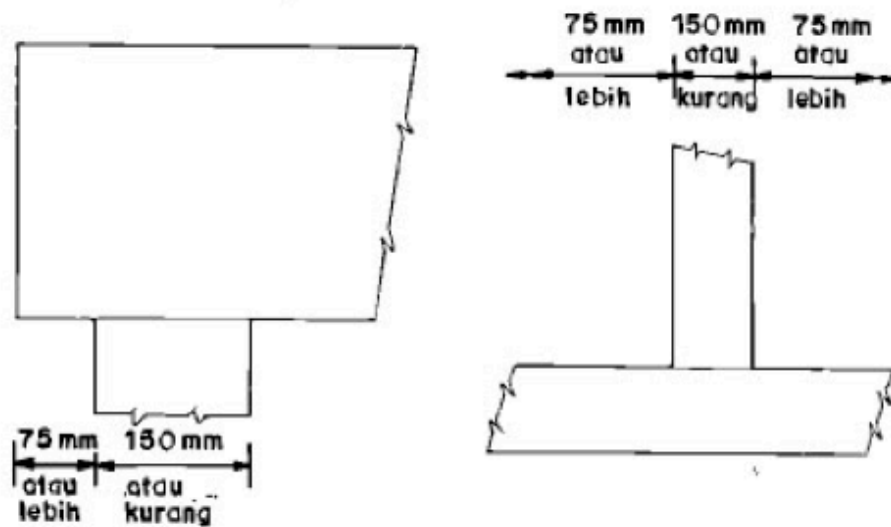
Tegangan selari dengan ira = 0.6 × nilai tegasan lentur. Ini merupakan pindaan daripada MS 544 yang dibuat oleh penulis (bukan oleh SIRIM) berasaskan BS 5268: Part 2: 1984.

Jadual 1.6: Tegasan dan modulus keanjalan lembap* untuk kumpulan kekuatan (N/mm²) (MS 544 – Table 3.4)

Kumpulan	Gred	Lentur	Tegangan selari dengan ira	Mampatan selari dengan ira	Mampatan seranjang dengan ira	Ricih selari dengan ira	Modulus keanjalan	
							Purata	Minimum
A	Asas	20.70	-	17.20	1.72	2.75	13 790	8 620
	Select	16.50	9.90	13.80	1.45	1.93		
	Standard	12.75	7.65	10.70	1.38	1.52		
	Common	10.30	6.18	8.60	1.24	1.24		
B	Asas	17.20	-	13.80	1.03	2.07	11 030	6 205
	Select	13.80	8.28	11.00	0.87	1.45		
	Standard	10.34	6.20	8.60	0.83	1.10		
	Common	8.60	5.16	6.90	0.76	0.90		
C	Asas	12.40	-	9.65	0.69	1.38	8 960	5 170
	Select	9.93	5.96	7.58	0.59	0.96		
	Standard	7.58	4.55	5.86	0.55	0.76		
	Common	6.20	3.72	4.83	0.52	0.62		
D	Asas	7.58	-	6.55	0.41	1.38	5 720	2 965
	Select	5.86	3.52	5.17	0.34	0.97		
	Standard	4.48	2.69	3.79	0.31	0.76		
	Common	3.79	2.27	3.24	0.28	0.62		

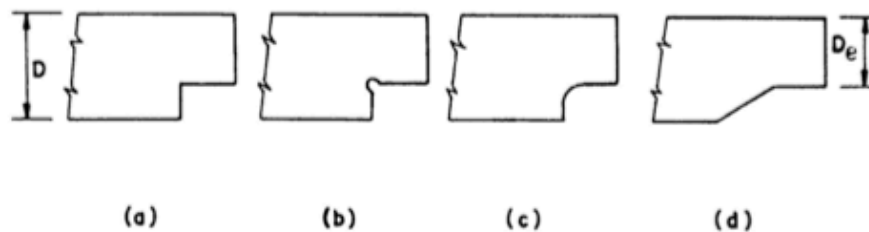
Nota: * Kayu yang mempunyai kandungan lembapan lebih daripada 19%.

Tegangan selari dengan ira = $0.6 \times$ nilai tegasan lentur. Ini merupakan pindaan daripada MS 544 yang dibuat oleh penulis (bukan oleh SIRIM) berasaskan BS 5268: Part 2: 1984.

**Rajah 2.1:** Kedudukan gelas.

Jadual 2.3: Faktor ubahsuai K_2 untuk tegasan galas (MS 544 – Table 3.7)

Panjang galas (mm)	10	15	25	40	50	75	100	≥ 150
Nilai K_2	1.74	1.67	1.53	1.33	1.20	1.14	1.10	1.00



Rajah 2.2: Rasuk ditakik di bahagian bawah.

Untuk rasuk yang ditakik di bahagian bawah, **Rajah 2.2**, tegasan gred ricih selari dengan ira hendaklah dikurangkan dengan faktor $K_{3.1}$, iaitu;

$$K_{3.1} = \frac{\text{Ukur dalam berkesan, } D_e}{\text{Ukur dalam keseluruhan, } D}$$

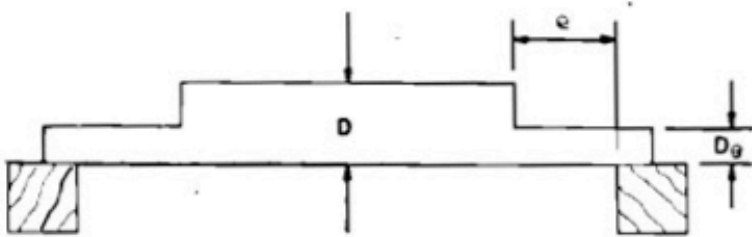
Bagi rasuk yang ditakik di sisi atas, **Rajah 2.3**, tegasan gred didarabkan dengan faktor $K_{3.2}$, iaitu;

$$K_{3.2} = \frac{D}{D_e} - \left(\frac{D - D_e}{D_e^2} \right) e \text{ untuk } e < D$$

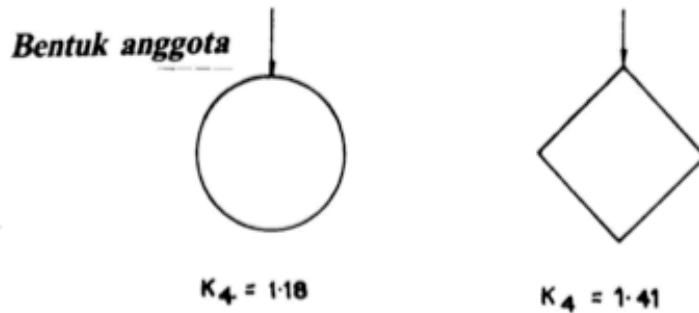
atau

$$K_{3.2} = 1.0 \text{ untuk } e \geq D$$

Nisbah D_e/D untuk rasuk yang ditakik pada sisi atas hendaklah tidak kurang daripada 0.6.



Rajah 2.3: Rasuk ditakik di bahagian atas.



Rajah 2.4: Faktor ubahsuai bentuk anggota, K_4

Ukur dalam rasuk

Bagi rasuk pejal yang mempunyai ukur dalam lebih daripada 300 mm, tegasan lentur gred hendaklah didarabkan dengan faktor ubahsuai K_5 ; iaitu

$$K_5 = 0.81 \frac{D^2 + 92\,300}{D^2 + 56\,800}$$

4.0 REKA BENTUK ANGGOTA MAMPATAN

Contoh : Tiang
Kekuda

$$\text{Beban, } P_{\text{sebenar}} \leq P_{\text{izin}}$$

$$P_{\text{izin}} = C_{\text{sg}} \times k_6 \times k_{\text{kb}}$$

C_{sg} = tegasan mampatan selari dengan ira

K_6 = nisbah kelangsingan + tempuh beban

Kira $\left(\frac{L_e}{r}\right)_{\text{sebenar}}$ di mana L_e = panjang berkesan

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Kira $\left(\frac{L_e}{r}\right)_{\text{had}}$ - Jadual 3.1

Jika $\left(\frac{L_e}{r}\right)_{\text{sebenar}} \leq \left(\frac{L_e}{r}\right)_{\text{had}}$

$$\therefore K_6 = 1.0 - 0.0437 \frac{C_{\text{sg}}}{E} \left(\frac{L_e}{r}\right)_s^2$$

Selain faktor K_6 , bagi anggota mampatan yang memenuhi syarat sebagai anggota kongsi beban seperti yang disenaraikan dalam MS 544, fasal 3.9(e), (lihat Bahagian 2.2.2) faktor ubah suai kongsi beban $K_{\text{kb}} = 1.1$ juga dipakai.

Contoh 4.1

Tentukan faktor ubah suai K_6 bagi suatu anggota mampatan kayu kumpulan A bergred standard yang kering, jika panjang berkesannya $L_e = 2.8$ m dan jejari kisanan, $r = 33.2$ mm.

$$\text{Nisbah kelangsing sebenar, } \frac{L_e}{r} = \frac{2.8 \times 10^3}{33.2} = 84.3$$

$$\text{Daripada Jadual 1.7, } E_m = 9\,650 \text{ N/mm}^2$$

$$C_{\text{sg}} = 13.79 \text{ N/mm}^2$$

Jangka Panjang;

$$\begin{aligned} \text{Had } \frac{L_e}{r} &= \sqrt{\frac{11.46E}{C_{sg}}} \\ &= \sqrt{\frac{11.46 \times 9650}{13.79}} = 89.6 \end{aligned}$$

$$\text{Maka, } \left(\frac{L_e}{r}\right)_{\text{sebenar}} < \text{Had } \frac{L_e}{r}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } K_6 &= 1.00 - 0.0437 \frac{C_{sg}}{E} \left(\frac{L_e}{r}\right)^2 \\ &= 1.00 - 0.0437 \times \frac{13.79}{9650} (84.3)^2 \\ &= 0.556 \end{aligned}$$

Jangka Sederhana;

$$\begin{aligned} \text{Had } \frac{L_e}{r} &= \sqrt{\frac{10.00E}{C_{sg}}} \\ &= \sqrt{\frac{10.00 \times 9650}{13.79}} = 83.6 \end{aligned}$$

$$\text{Maka, } \left(\frac{L_e}{r}\right)_{\text{sebenar}} > \text{Had } \frac{L_e}{r}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } K_6 &= 6.24 \frac{E}{C_{sg}} \left(\frac{r}{L_e}\right)^2 \\ &= 6.24 \times \frac{9650}{13.79} \left(\frac{1}{84.3}\right)^2 \\ &= 0.614 \end{aligned}$$

Jangka Pendek;

$$\begin{aligned}\text{Had } \frac{L_e}{r} &= \sqrt{\frac{8.62E}{C_{sg}}} \\ &= \sqrt{\frac{8.62 \times 9\,650}{13.79}} = 77.7\end{aligned}$$

$$\text{Maka, } \left(\frac{L_e}{r}\right)_{\text{sebenar}} > \text{Had } \frac{L_e}{r}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi, } K_6 &= 6.46 \frac{E}{C_{sg}} \left(\frac{r}{L_e}\right)^2 \\ &= 6.46 \times \frac{9\,650}{13.79} \left(\frac{1}{84.3}\right)^2 \\ &= 0.636\end{aligned}$$

Perlu diingatkan bahawa nilai K_6 adalah sentiasa kurang daripada 1.0 untuk jangka panjang, kurang daripada 1.25 untuk jangka sederhana dan kurang daripada 1.5 untuk jangka pendek.

Contoh 4.2

Tentukan keupayaan paksi jangka panjang bagi sebatang tiang yang mempunyai keratan namaan 150 mm x 150 mm, jika panjang berkesan terhadap kedua-dua paksi adalah sama iaitu 3.0 m. Kayu kumpulan A gred standard digunakan.

Saiz akhir keratan setelah diketam ke empat-empat sisinya ialah 140 mm x 140 mm. Oleh kerana tebalnya lebih daripada 100 mm, maka menurut kehendak MS 544, fasal 2.4.5 tegasan lembap hendaklah digunakan.

Daripada **Jadual 1.6.**

$$\begin{aligned}C_{sg} &= 10.7 \text{ N/mm}^2 \\ E_m &= 8\,620 \text{ N/mm}^2 \\ L_e &= 3.0 \text{ m}\end{aligned}$$

$$r = \sqrt{\frac{140}{\sqrt{12}}} = 40.4$$

$$\left(\frac{L_e}{r}\right)_{\text{sebenar}} = \frac{3.0 \times 10^3}{40.4} = 74.2$$

$$\text{Had } \frac{L_e}{r} = \sqrt{\frac{11.46 \times 8\,620}{10.7}} = 96.1$$

Oleh kerana $\left(\frac{L_e}{e}\right)_{\text{sebenar}} < \text{Had } \frac{L_e}{r}$, daripada **Jadual 3.1**

$$K_6 = 1.00 - 0.0437 \frac{C_{sg}}{E} \left(\frac{L_e}{r}\right)^2$$

$$= 1.00 - 0.0437 \times \frac{10.7}{8\,620} \times 74.2^2$$

$$= 0.70$$

Tegasan mampatan izin selari dengan ira;

$$C_{sp} = 0.7 \times 10.7 = 7.5 \text{ N/mm}^2$$

Keupayaan paksi jangka panjang bagi tiang ini ialah;

Tegasan izin x luas keratan rentas

$$= 7.5 \times 140 \times 140/10^3$$

$$= 147.0 \text{ kN}$$

Contoh 4.3

Suatu anggota mampatan berukuran namaan 50 mm x 150 mm. Disebabkan keadaan halangan sisi yang berbeza, panjang berkesannya terhadap paksi XX dan paksi YY ialah masing-masing 1.0L dan 0.75L, lihat Rajah 3.1 dan 3.3, dengan L ialah panjang keseluruhannya yang bersamaan dengan 1.8 m. Tentukan keupayaan paksi jangka sederhana anggota ini. Kayu yang digunakan ialah kayu kumpulan B gred standard yang kering.

Dengan anggapan kayu diketam pada ke empat-empat sisi, saiz akhirnya ialah 45 mm x 140 mm.

$$\begin{aligned}
L_{ex} &= 1.0 \times 1.8 = 1.8 \text{ m} \\
r_x &= \frac{140}{\sqrt{12}} = 40.4 \text{ mm} \\
\left(\frac{L_e}{r}\right)_x &= \frac{1.8 \times 10^3}{40.4} = 44.6 \\
L_{ey} &= 0.75 \times 1.8 = 1.35 \text{ m} \\
r_y &= \frac{45}{\sqrt{12}} = 13.0 \text{ mm} \\
\left(\frac{L_e}{r}\right)_y &= \frac{1.35 \times 10^3}{13.0} = 103.8
\end{aligned}$$

Nisbah kelangsingan terhadap paksi YY lebih besar daripada nisbah kelangsingan terhadap paksi XX. Ini bermakna anggota ini senang melengkok terhadap paksi YY.

Daripada Jadual 3.3 untuk $\frac{L_e}{r} = 103.8$, $K_6 = 0.380$, iaitu nilai tentuantara bagi

$$\frac{L_e}{r} = 102.0 \text{ dan } 104.0.$$

$$C_{sp} = 0.38 \times 10 = 3.80 \text{ N/mm}^2$$

Keupayaan paksi jangka sederhana anggota ini ialah;

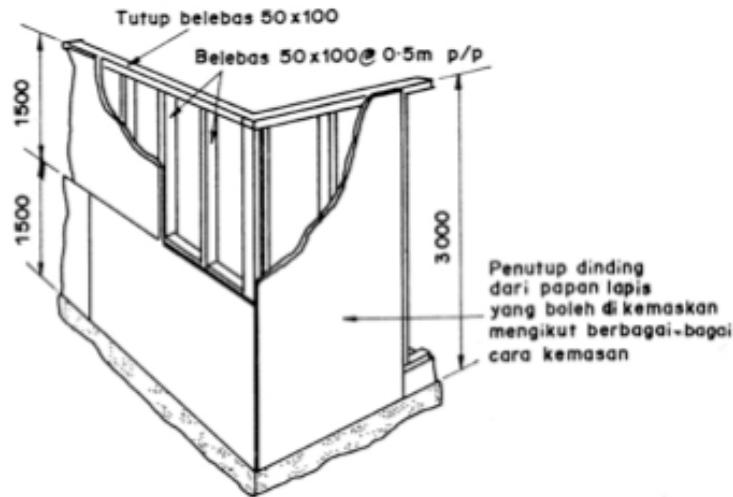
$$3 \times 45 \times 140/10^3 = 23.9 \text{ kN}.$$

Contoh 4.4

Binaan dinding kerangka kayu untuk sebuah banglo ditunjukkan dalam Rajah 3.9. Tingginya ialah 3.0 m dan terdiri daripada belebas-belebas namaan 50 mm x 100 mm yang diatur pada jarak pusat 0.5 m. Hadangan papan lapis yang dipasang pada belebas ini menyebabkan ia dihalang daripada melengkok terhadap paksi YY, tetapi hanya boleh melengkok terhadap paksi XX, lihat Rajah 3.4. Jika kayu yang digunakan ialah Kumpulan C gred standard dan kering, tentukan keupayaan galas beban jangka panjang per meter panjang bagi dinding ini.

Daripada **Jadual 1.7**;

$$\begin{aligned}
C_{sg} &= 6.89 \text{ N/mm}^2 \\
E &= 5\,510 \text{ N/mm}^2 \\
L_e &= L = 3.0 \text{ m}
\end{aligned}$$



Rajah 1

Saiz akhir belebas ialah 45 mm x 90 mm

$$r_x = \frac{90}{\sqrt{12}} = 26.0$$

$$\left(\frac{L_e}{r}\right)_{x \text{ sebenar}} = \frac{3.0 \times 10^3}{26} = 115.4$$

$$\left(\frac{L_e}{r}\right)_y = 0, \text{ kerana dihalang melengkok terhadap paks ini.}$$

$$\text{Had } \frac{L_e}{r} = \sqrt{\frac{11.46E}{C_{sg}}} = \sqrt{\frac{11.46 \times 5510}{6.89}} = 95.7$$

$$\text{Oleh kerana } \left(\frac{L_e}{r}\right)_{x \text{ sebenar}} > \text{Had } \frac{L_e}{r}, \text{ daripada Jadual 3.1,}$$

$$K_6 = 5.73 \times \frac{5510}{6.89} \times \left(\frac{5510}{6.89}\right) \times \left(\frac{1}{115.4}\right)^2$$

$$= 0.344$$

$$\begin{aligned} \text{Tegasan izin} &= C_{sg} \times K_6 \times K_{kb} \\ &= 6.84 \times 0.344 \times 1.1 \\ &= 2.59 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Faktor ubahsuai kongsi beban digunakan kerana anggota ini memenuhi syarat anggota kongsi beban.

Beban izin untuk tiap-tiap bebas ialah;

$$2.59 \times 45 \times 90/10^3 = 10.5 \text{ kN}$$

Keupayaan gelas beban jangka panjang per meter panjang dinding,

$$10.5 \times \frac{1.0}{0.5} = 21 \text{ kN/m}$$

Masalah yang diberi dalam Contoh-contoh 3.2, 3.3 dan 3.4 , melibatkan pengiraan keupayaan sesuatu anggota yang telah diketahui saiznya. Masalah seperti ini bukan merupakan masalah reka bentuk. Sebenarnya yang perlu ditanggung oleh sesuatu anggota dan yang hendak ditentukan ialah saiznya. Seperti yang telah diterangkan dalam Bahagian 2.5, terdapat dua cara menyelesaikan masalah reka bentuk, iaitu menggunakan kaedah cuba-ralat dan menggunakan carta reka bentuk. Carta reka bentuk untuk anggota mampatan akan dibincangkan dalam Bahagian 3.4.2. Cara penyelesaian masalah reka bentuk yang menggunakan kaedah cuba-ralat akan diberikan dalam **Contoh 3.5**.

Contoh 4.5

Tentukan saiz suatu anggota mampatan dalam kekuda bumbung jika daya paksi jangka panjang di dalamnya ialah 40 kN. Panjang anggota ini ialah 1.5 m; kedua-dua hujungnya disambung sendi dan tidak mempunyai halangan dalam arah sisi pada kedua-dua paksi. Kayu yang digunakan ialah Kumpulan A gred standard yang kering.

Daripada Jadual 1.7;

$$\begin{aligned} C_{sg} &= 13.79 \text{ N/mm}^2 \\ E &= 9\,650 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Oleh kerana anggota mampatan ini mempunyai keadaan halangan yang sama dalam kedua-dua arah paksi, dan hujung disambung sendi, maka

$$L_{ex} = L_{ey} = 1.5 \text{ m}$$

Dengan itu anggota ini akan senang melengkok terhadap paksi YY.

Cubaan 1

Gunakan sekeping kayu bersaiz namaan 50 mm x 150 mm (45 mm x 140 mm minimum)

$$\begin{aligned} r_y &= \frac{45}{\sqrt{12}} = 13.0 \\ \left(\frac{L_e}{r} \right)_y &= \frac{1.5 \times 10^3}{13.0} = 115.4 \end{aligned}$$

Daripada **Jadual 3.2**,

$$\begin{aligned} K_6 &= 0.303 \\ \text{Beban izin} &= 0.303 \times 13.79 \times 45 \times 140/10^3 \\ &= 26.3 \text{ kN} \\ \text{Beban kenaan} &= 40 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban izin kurang daripada beban sebenar, ini bererti saiz yang dicuba tidak selamat digunakan, dan perlu dipakai saiz yang lebih besar.

Cubaan 2

Gunakan sekeping kayu bersaiz namaan 50 mm x 225 mm (45 mm x 215 mm minimum). Tebal kayu tidak diubah, ini bermakna nisbah kelangsingan sama seperti dalam cubaan 1. Oleh itu;

$$\begin{aligned} K_6 &= 0.303 \\ \text{Beban izin} &= 0.303 \times 13.79 \times 45 \times 215/10^3 = 40.4 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban izin melebihi beban sebenar, dengan itu saiz yang dicuba selamat digunakan. Kadang-kadang bagi menyenangkan pemasangan anggota-anggota dalam kekuda bumbung, sesuatu anggota itu perlu dibuat daripada dua keping kayu,

Cubaan 3

Katalah sebagai ganti sekeping kayu yang telah boleh digunakan dalam Cubaan 2 di atas, dua keping kayu saiz namaan 50 mm x 125 mm (45 mm x 115 mm minimum) digunakan.

$$\begin{aligned} \text{Beban izin} &= 0.303 \times 13.79 \times 45 \times 115/10^3 \\ &= 43.2 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban izin melebihi beban sebenar, dengan itu saiz ini boleh dipakai.

Kesimpulannya, saiz kayu yang boleh digunakan untuk masalah

Contoh 3.5 ini ialah;

50 mm x 225 mm (45 mm x 215 mm) atau 2/50 mm x 125 mm (45 mm x 115).

Pilihan terakhir bergantung pada kesenangan mendapatkan saiz-saiz ini dalam pasaran. Saiz 2/50 mm x 125 mm mungkin boleh memenuhi semua kehendak seperti menanggung beban, senang diperolehi dalam pasaran dan senang dipasang.

Jadual 3.1: Faktor ubahsuai K_6 untuk nisbah kelangsingan dan tempoh beban atas anggota mampatan (MS 544 – Table 3.8)

Tempoh Beban	Nilai had L_e/r	Persamaan K_6
Jangka panjang	$\leq \sqrt{\frac{11.46 E}{C_{sg}}}$	$1.00 - 0.0437 \frac{C_{sg}}{E} \left(\frac{L_e}{r}\right)^2$
	$\geq \sqrt{\frac{11.46 E}{C_{sg}}}$	$5.73 \frac{E}{C_{sg}} \left(\frac{r}{L_e}\right)^2$
Jangka sederhana	$\leq \sqrt{\frac{10.00 E}{C_{sg}}}$	$1.25 - 0.0626 \frac{C_{sg}}{E} \left(\frac{L_e}{r}\right)^2$
	$\geq \sqrt{\frac{10.00 E}{C_{sg}}}$	$6.24 \frac{E}{C_{sg}} \left(\frac{r}{L_e}\right)^2$
Jangka pendek	$\leq \sqrt{\frac{8.62 E}{C_{sg}}}$	$1.50 - 0.0870 \frac{C_{sg}}{E} \left(\frac{L_e}{r}\right)^2$
	$\geq \sqrt{\frac{8.62 E}{C_{sg}}}$	$6.46 \frac{E}{C_{sg}} \left(\frac{r}{L_e}\right)^2$

Jadual 1.7: Tegasan dan modulus keanjalan kering* untuk kumpulan kekuatan (N/mm²) (MS 544 – Table 3.5)

Kumpulan	Gred	Lentur	Tegangan selari dengan ira	Mampatan selari dengan ira	Mampatan seranjang dengan ira	Ricih selari dengan ira	Modulus keanjalan	
							Purata	Minimum
A	Asas	25.20	-	22.27	1.93	3.24	14 750	9 650
	Select	20.00	12.00	17.58	1.59	2.28		
	Standard	15.86	9.52	13.79	1.52	1.79		
	Common	12.60	7.56	11.14	1.45	1.45		
B	Asas	19.86	-	16.06	1.24	2.14	11 720	6 550
	Select	15.86	9.52	12.75	1.03	1.52		
	Standard	12.41	7.45	10.00	0.96	1.17		
	Common	9.65	5.79	7.93	0.90	0.90		
C	Asas	14.48	-	11.03	0.76	1.45	9 310	5 510
	Select	11.38	6.83	8.62	0.62	1.03		
	Standard	8.96	5.38	6.89	0.59	0.76		
	Common	7.24	4.34	5.51	0.55	0.62		
D	Asas	9.65	-	8.27	0.62	1.38	6 550	3 100
	Select	7.58	4.55	6.55	0.52	0.97		
	Standard	5.51	3.31	5.17	0.48	0.76		
	Common	4.83	2.90	4.14	0.45	0.62		

Nota: * Kayu yang mempunyai kandungan lembapan lebih daripada 19%.

Tegangan selari dengan ira = $0.6 \times$ nilai tegasan lentur. Ini merupakan pindaan daripada MS 544 yang dibuat oleh penulis (bukan oleh SIRIM) berasaskan BS 5268: Part 2: 1984.

☞

Jadual 1.6: Tegasan dan modulus keanjalan lembap* untuk kumpulan kekuatan (N/mm²) (MS 544 – Table 3.4)

Kumpulan	Gred	Lentur	Tegangan selari dengan ira	Mampatan selari dengan ira	Mampatan seranjang dengan ira	Ricih selari dengan ira	Modulus keanjalan	
							Purata	Minimum
A	Asas	20.70	-	17.20	1.72	2.75	13 790	8 620
	Select	16.50	9.90	13.80	1.45	1.93		
	Standard	12.75	7.65	10.70	1.38	1.52		
	Common	10.30	6.18	8.60	1.24	1.24		
B	Asas	17.20	-	13.80	1.03	2.07	11 030	6 205
	Select	13.80	8.28	11.00	0.87	1.45		
	Standard	10.34	6.20	8.60	0.83	1.10		
	Common	8.60	5.16	6.90	0.76	0.90		
C	Asas	12.40	-	9.65	0.69	1.38	8 960	5 170
	Select	9.93	5.96	7.58	0.59	0.96		
	Standard	7.58	4.55	5.86	0.55	0.76		
	Common	6.20	3.72	4.83	0.52	0.62		
D	Asas	7.58	-	6.55	0.41	1.38	5 720	2 965
	Select	5.86	3.52	5.17	0.34	0.97		
	Standard	4.48	2.69	3.79	0.31	0.76		
	Common	3.79	2.27	3.24	0.28	0.62		

Nota: * Kayu yang mempunyai kandungan lembapan lebih daripada 19%.

Tegangan selari dengan ira = $0.6 \times$ nilai tegasan lentur. Ini merupakan pindaan daripada MS 544 yang dibuat oleh penulis (bukan oleh SIRIM) berasaskan BS 5268: Part 2: 1984.