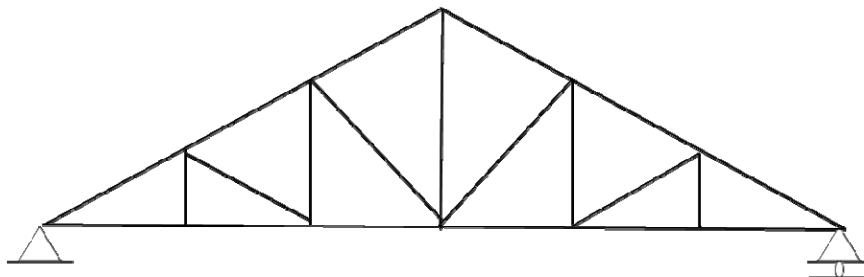


Pertemuan XII, XIII, XIV, XV
V. Perencanaan Struktur Kayu

V.1 Kuda-Kuda Kayu

Kuda-kuda atap adalah konstruksi yang terdiri dari balok melintang (yang menerima gaya tarik), balok sebagai penopang atau tiang (yang menerima gaya tekan) guna menyangga dari gording dan kasau serta pelapis atap. Walaupun atap itu ringan, pengaruh luar terhadap konstruksi dan penutupnya baik terhadap suhu (sinar matahari), cuaca (air hujan dan kelembaban udara), serta keamanan terhadap gaya horizontal (angin dan gempa) dan kebakaran harus tetap dijamin.

Pada konstruksi atap terdapat bahan bangunan utama seperti salah satu contohnya; kuda-kuda kayu. sedangkan sebagai bahan penutup adalah genting flam, genting pres, sirap, seng gelombang, serta genting atau pelat semen berserat. Konstruksi yang dipilih maupun bahan penutup akan mempengaruhi atau menentukan kemiringan atap.

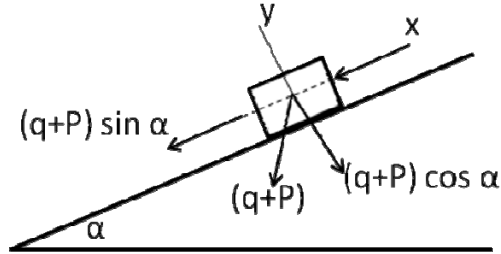


Gambar 5.1 Rangka Kuda-Kuda

Untuk perhitungan perencanaan kuda-kuda diperlukan data-data sebagai berikut :

- Panjang bentang
- Jarak kuda-kuda
- JaPrak gording
- Jenis atap
- Jenis kayu

V.1.1 Perencanaan Gording



Gambar 5.2 Pembebanan pada gording

Pada perhitungan gording, diperhitungkan beban-beban sebagai berikut :

- a. Beban mati (q) :
 - Berat atap
 - Berat sendiri gording
- b. Beban hidup (P) :

$P = 100 \text{ kg}$

Akibat beban-beban yang bekerja, timbul momen-momen sebagai berikut :

Akibat beban mati :

$$M_x = 1/8 \cdot q \sin \alpha \cdot L^2 \dots\dots\dots 5.1a)$$

$$M_y = 1/8 \cdot q \cos \alpha \cdot L^2 \dots\dots\dots 5.1b)$$

Akibat beban hidup.

$$M_x = 1/4 \cdot P \sin \alpha \cdot L^2 \dots\dots\dots 5.2a)$$

$$M_y = 1/4 \cdot P \cos \alpha \cdot L^2 \dots\dots\dots 5.2b)$$

Dimana M_x adalah momen arah x , M_y adalah momen arah y , dan L adalah jarak kuda-kuda.

Kontrol tegangan lentur :

$$\sigma_{lt} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq F_b' \dots\dots\dots 5.3)$$

Dimana σ/t adalah tegangan lentur yang terjadi akibat beban, M adalah momen lentur, dan W adalah momen tahanan.

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{1}{2} \cdot h} \rightarrow I_x = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \quad \dots\dots\dots 5.4a)$$

$$W_y = \frac{I_y}{\frac{1}{2} \cdot b} \rightarrow I_y = \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 \quad \dots\dots\dots 5.4b)$$

F_b' adalah kuat lentur terkoreksi (tergantung jenis kayu)

Kontrol lendutan :

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_x \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_x \cdot L^3}{E \cdot I_x} \leq f_{izin} = \frac{1}{200} \cdot L \quad \dots\dots\dots 4.5a)$$

$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y \cdot L^4}{E \cdot I_y} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y \cdot L^3}{E \cdot I_y} \leq f_{izin} = \frac{L}{200} \quad \dots\dots\dots 5.5b)$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq f_{izin} \quad \dots\dots\dots 5.5c)$$

Dimana f adalah lendutan yang terjadi akibat beban, q adalah beban terbagi rata (beban mati), P adalah beban terpusat (beban hidup), L adalah jarak kuda-kuda, E adalah modulus elastisitas lentur kayu, I adalah momen inersia penampang.

V.1.2 Perencanaan Kuda-Kuda

Pada perhitungan batang kuda-kuda, diperhitungkan beban-beban sebagai berikut:

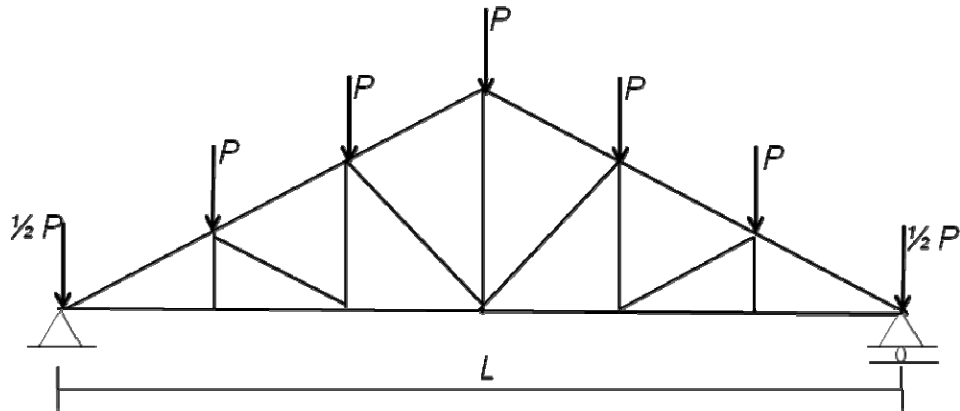
- a. Beban mati (q).
 - Berat atap
 - Berat gording
 - Berat sendiri kuda-kuda (dapat ditaksir)

Total beban mati dijadikan sebagai beban terpusat bekerja vertikal pada tiap titik buhul.

b. Beban hidup (P) :

$P = 100$ kg, untuk tiap titik buhul (PMI, 1987)

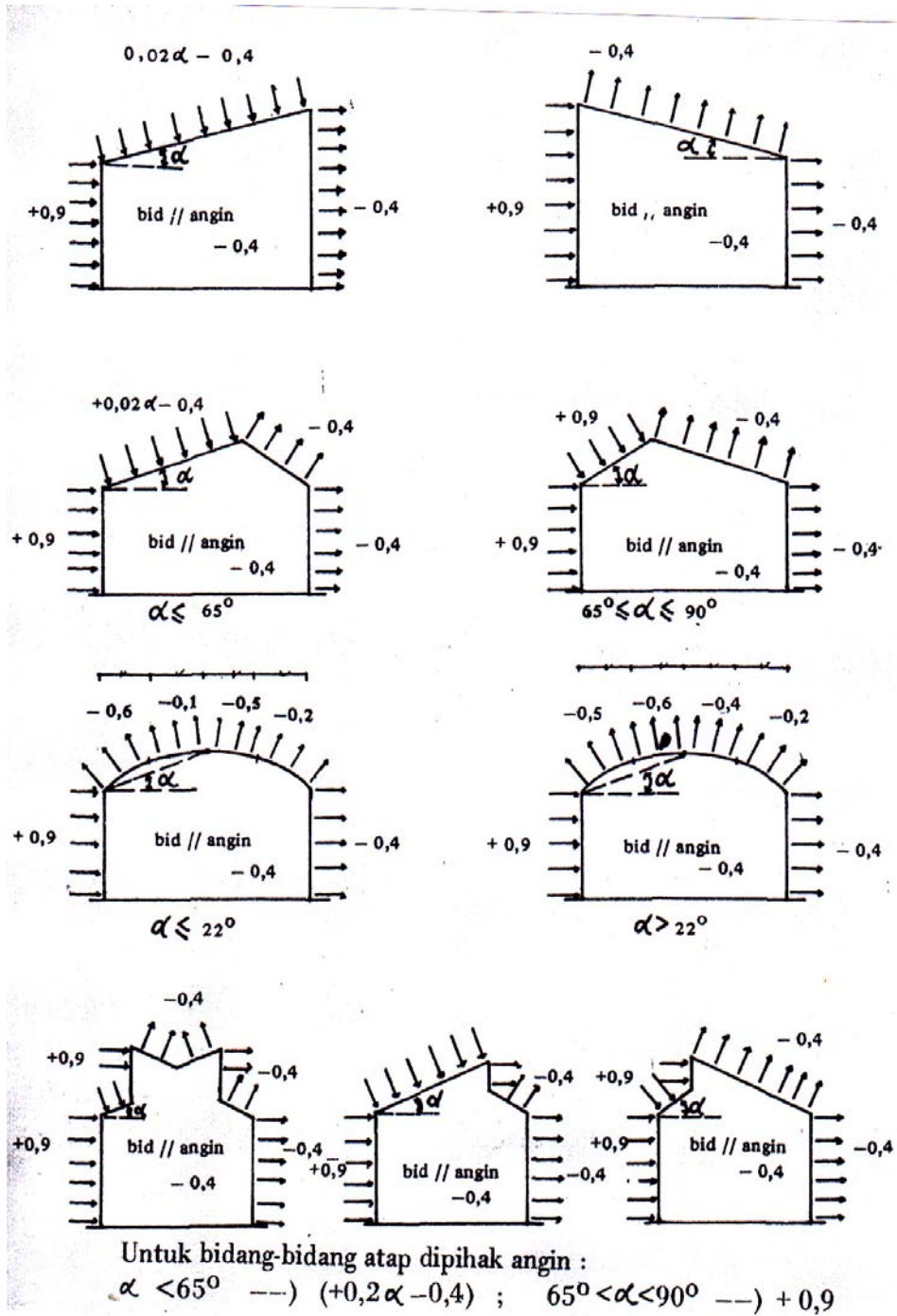
Beban mati dan beban hidup yang bekerja pada kuda-kuda dalam bentuk beban terpusat vertikal pada tiap-tiap titik buhul diperlihatkan pada Gambar 5.3.



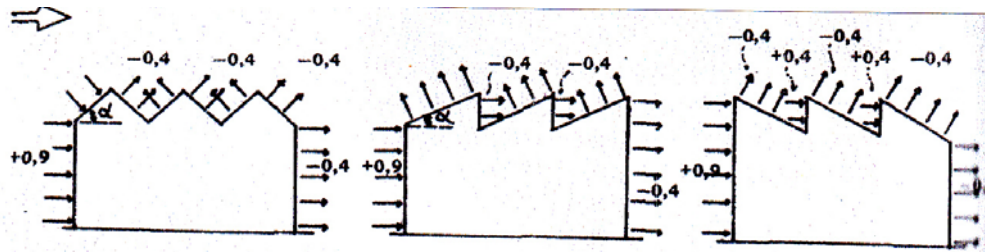
Gambar 5.3 Pembebanan beban mati dan beban hidup pada kuda-kuda

c. Beban angin (W)

Tekanan angin, p besarnya tergantung jarak letak tempat dari pantai. Pada umumnya tekanan tiup angin harus diambil minimum 25 kg/m^2 . Tekanan tiup di laut dan tepi pantai sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2 (PMI, 1987). Koefisien angin tiup C_1 dan angin tekan C_2 , besarnya tergantung pada sudut kemiringan atap α dan bentuk bukaan atap yang diperlihatkan pada Gambar 5.4a, Gambar 5.4b, dan Gambar 5.4c.



Gambar 5.4a Koefisien angin bangunan tertutup

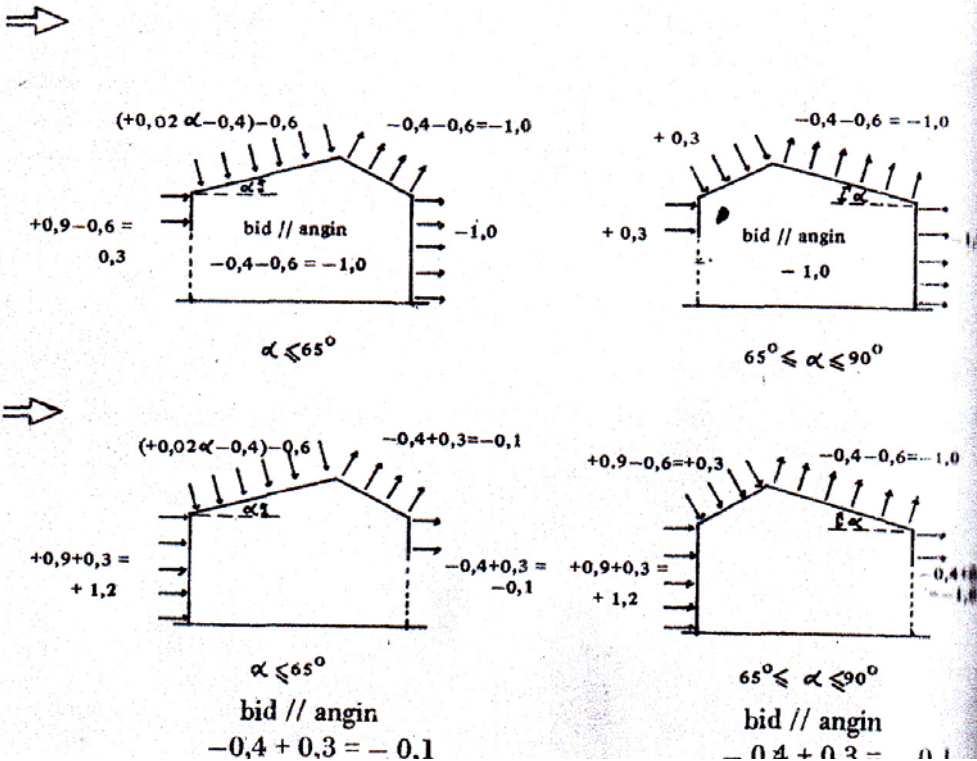


bid // angin - 0,4

untuk bidang-bidang atap dipihak angin :

$$\alpha < 65^\circ \text{ --- } (+0,2\alpha - 0,4) \quad ; \quad 65^\circ < \alpha < 90^\circ \text{ --- } +0,9$$

Bangunan terbuka sebelah :



Gambar 5.4b Koefisien angin bangunan terbuka sebelah

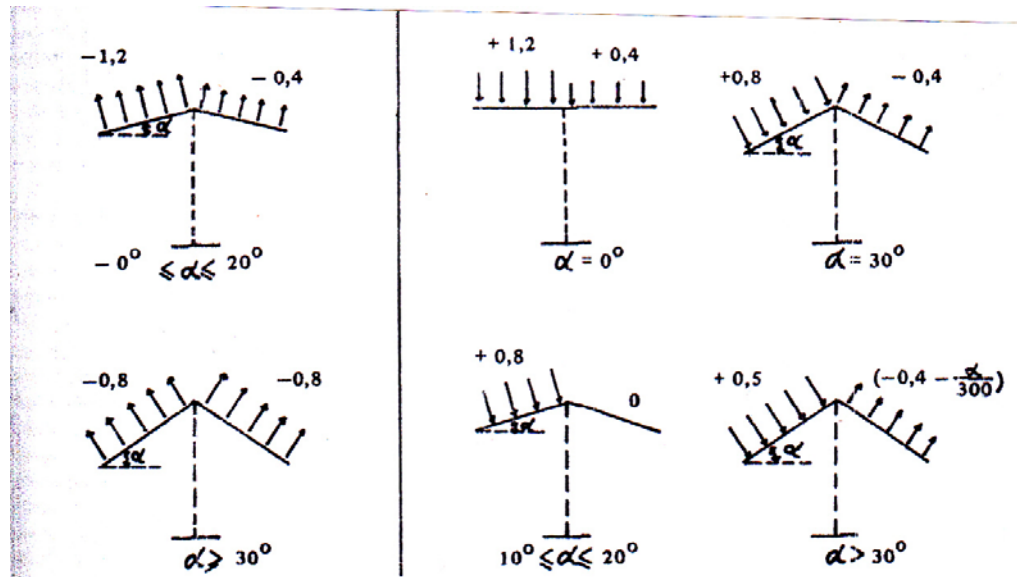
Besarnya beban angin untuk tiap titik buhul :

$$W_1 = C_1.p.F \text{ (angin tiup) } \dots\dots\dots 4.6a)$$

$$W_2 = C_2.p.F \text{ (angin tekan) } \dots\dots\dots 4.6b)$$

Dimana F adalah luas bidang atap antara kuda-kuda

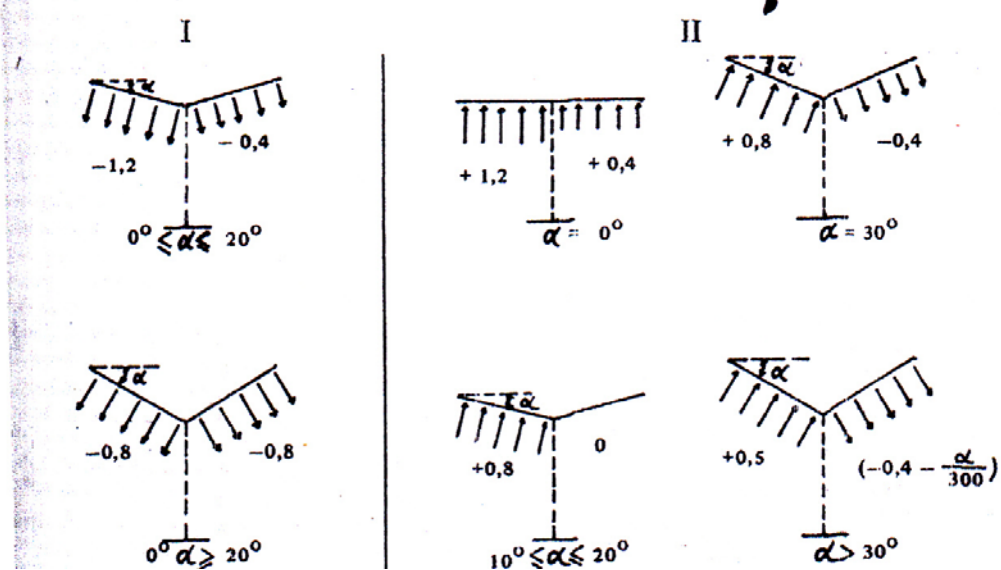
Bentuk cara kerja beban angin pada kuda-kuda diperlihatkan pada Gambar 5.5.



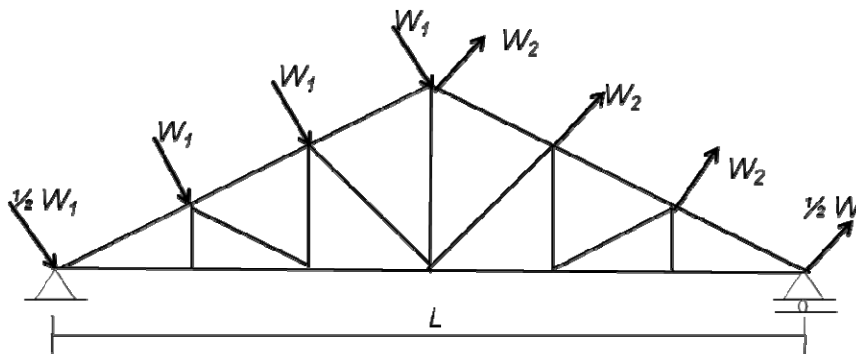
(untuk α yang terdapat diantaranya, diadakan interpolasi linier)

pelana terbalik tanpa dinding :

diperhitungkan menurut keadaan yang paling berbahaya diantara 2 cara (cara I dan II)



Gambar 5.4c Koefisien angin bangunan tanpa dinding



Gambar 5.5 Pembebanan beban angin bpada kuda-kuda

Gaya-gaya batang akibat beban mati dan beban hidup (P), serta akibat beban angin (W) dihitung dengan menggunakan cara mekanika teknik cara analitis atau grafis.

Dalam menghitung perencanaan dimensi batang pada konstruksi kuda-kuda, jika konstruksi tersebut simetris, maka cukup dihitung separoh saja. Untuk perhitungan perencanaan batang tarik dan batang tekan, juga dapat digunakan gaya batang terbesar berdasarkan persyaratan tarik dan tekan.

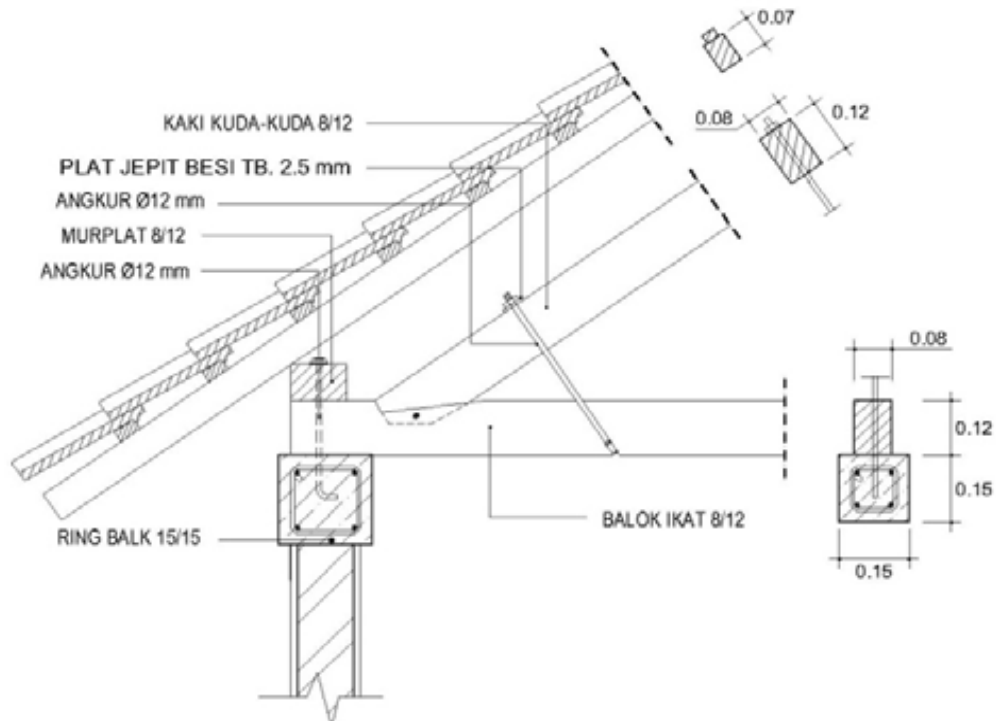
Sambungan batang kuda-kuda yang disebut buhul, alat sambung yang digunakan dapat berupa paku atau baut, dan untuk di kaki kuda-kuda digunakan hubungan gigi. Untuk perhitungan sambungan disesuaikan dengan jenis alat sambung nya.

V.1.3 Metode Teknis Struktur Atap Tahan Gempa

Dalam hal ini yang perlu diperhatikan untuk membuat struktur atap yang tahan gempa adalah membuat seluruh elemen rumah menjadi satu kesatuan yang utuh, yang tidaklepas atau runtuh akibat gempa. Terutama pada sambungan konstruksi pondasi, konstruksi dinding dan konstruksi atapnya.

Dalam hal ini pada konstruksi rangka atapnya harus diikat ke balok dan kolom sehingga mengurangi resiko pergeseran apabila terjadi gempa. Selain itu pada konstruksi atapnya diberi balok penopang sehingga beban atap dapat ditopang secara merata. Pada titik simpul sambungan kayu diberi baut dan tulangan yang dikaitkan.

Untuk menjaga kestabilan pada konstruksi atap bangunan tempat tinggal sebaiknya menggunakan plat pengikat dan sambungan kayu yang diberi baut sehingga menjaga keseimbangan pada kuda-kudanya. Diameter baut dan jangkar yang digunakan minimal 12 mm. Penutup atap yang digunakan hendaknya dari bahan yang ringan namun layak digunakan.



Gambar 5.6 Detail sambungan kuda-kuda kayu (Sumber. Analisa Tim dan Pedoman teknis pembangunan rumah tahan gempa)

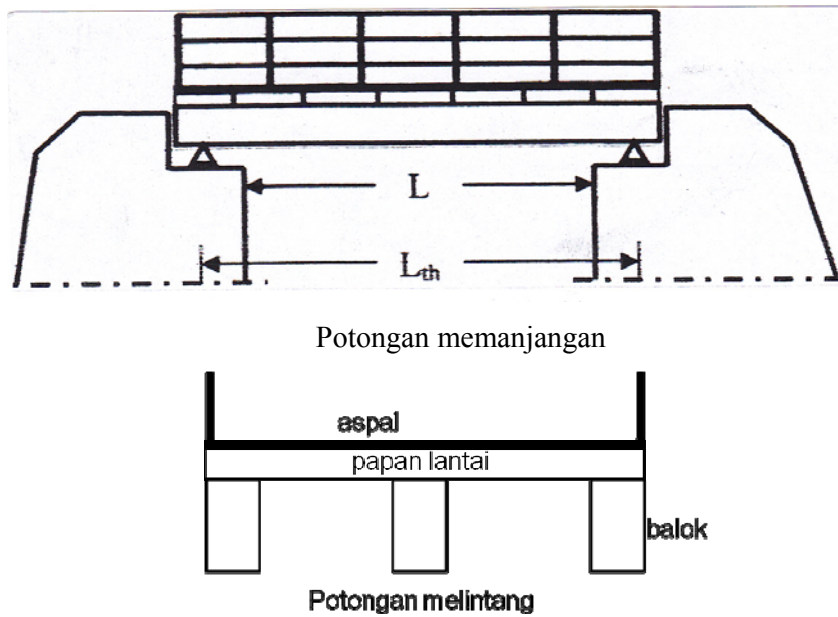
V.2 Jembatan Kayu

Keuntungan penggunaan bahan kayu untuk konstruksi jembatan :

- Ringan
- Murah, terutama di daerah-daerah hutan
- Mudak dikerjakan, sehingga biaya pembangunan rendah
- Penggantiannya mudah
- Pelaksanaan cepat dan dapat dikerjakan oleh tenaga yang terdapat dimana saja.

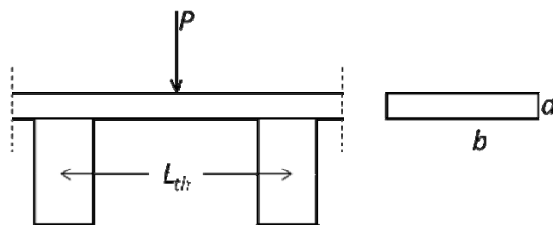
Dalam perhitungan jembatan kayu harus diperhatikan beberapa hal, antara lain supaya dihindarkan lengas tinggi (kelembaban) yang berlangsung lama, pemeliharaan dan penggantian bagian-bagian sedapat mungkin dilaksanakan tanpa biaya tinggi serta tanpa mengganggu lalu lintas.

Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan Kayu



Gambar 5.7 Jembatan Kayu

V.2.1 Perhitungan Papan Lantai



Gambar 5.8 Papan lantai jembatan

Tebal papan lantai jembatan ditentukan dengan persamaan :

$$d = \sqrt{\frac{3 \cdot \phi \cdot P \cdot L_{th}}{2 \cdot b \cdot F_b'}} \quad \dots\dots\dots 5.7)$$

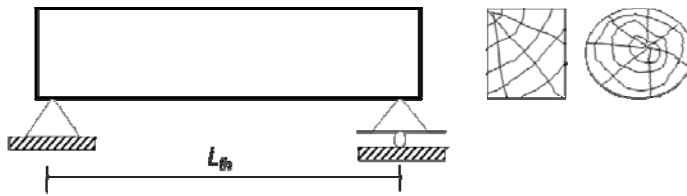
Dimana d adalah tebal papan, ϕ adalah faktor kejut = $1 + (20 / (50 + L_{th}))$, nilainya (1,4 – 1,5), P adalah muatan titik terbesar dari tekanan roda kendaraan, L_{th} adalah jarak teoritis antara balok, b adalah lebar papan, dan F_b' adalah kuat lentur terkoreksi (tergantung jenis kayu).

Apabila ada lapisan aspal dan berat sendiri papan diperhitungkan, maka :

$$d = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{b \cdot F_b'}} \quad \dots\dots\dots 5.8)$$

Dimana d adalah tebal papan, $M_u = M_q + M_p$ adalah momen terfaktor akibat beban yang bekerja, M_q adalah momen akibat beban mati (b.s aspal + b.s papan), M_p adalah momen akibat muatan titik terbesar dari tekanan roda kendaraan, b adalah lebar papan, dan F_b' adalah kuat lentur terkoreksi (tergantung jenis kayu).

V.2.2 Perhitungan Balok / Gelagar



Gambar 5.9 Balok jembatan

Balok / gelagar jembatan kayu harus memenuhi ketentuan berikut :

Berdasarkan kekuatan:

$$M_u \leq \lambda \cdot \phi_b \cdot M' \quad \dots\dots\dots 5.9)$$

Dimana M_u adalah momen terfaktor, λ adalah faktor waktu, ϕ_b adalah faktor tahanan lentur, dan M' adalah tahanan lentur terkoreksi.

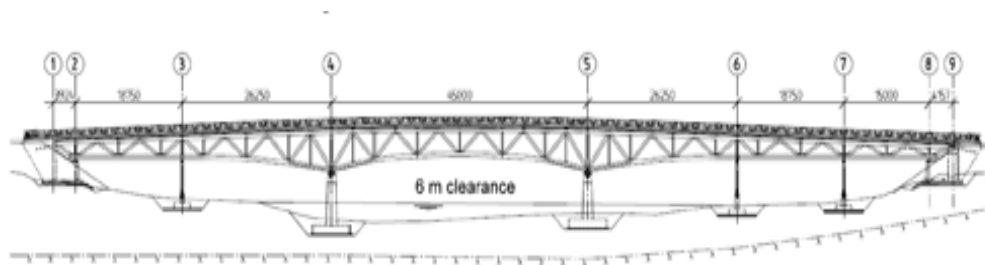
Berdasarkan kekakuan :

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L_{th}^4}{E \cdot I} \leq f_{izin} = \frac{L_{th}}{300} \dots\dots\dots 5.10)$$

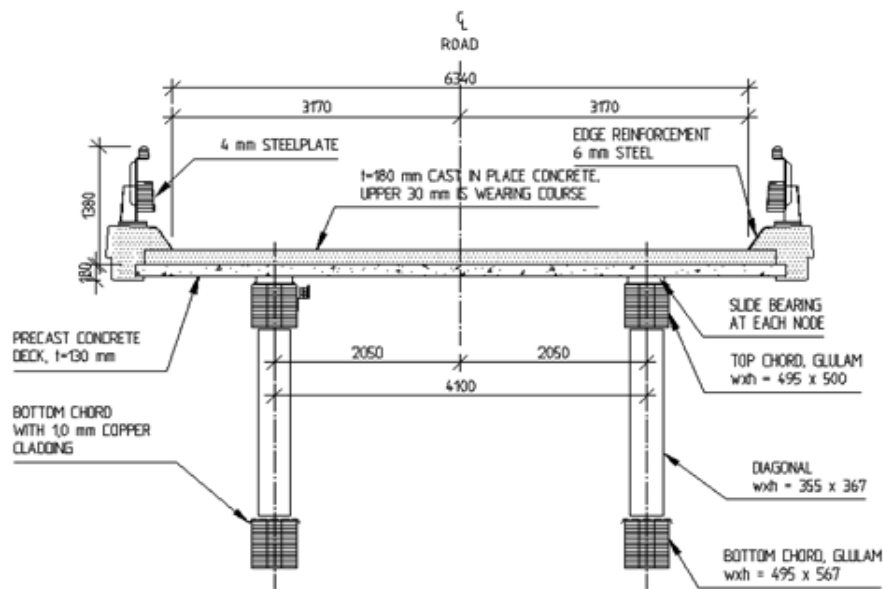
Dimana f adalah lendutan yang terjadi akibat beban yang bekerja, q adalah beban terbagi rata, L_{th} adalah panjang bentang teoritis, E adalah modulus elastisitas kayu, I adalah momen inersia penampang.

V.2.3 Jembatan Kayu Balok Laminasi

Ternyata konstruksi kayu dengan teknik laminasi tidak terbatas pada bangunan gedung seperti gambar di atas. Di Norwegia telah digunakan untuk bangunan jembatan, bahkan telah didesain dapat dilalui kendaraan tank tempur. Bayangkan itu, mereka menyebutnya sebagai jembatan kayu terkuat di dunia.



Gambar 5.10. Jembatan Kayu Sungai Rena di Norwegia, bentang 45 m



Gambar 5.11. Penampang tengah jembatan kayu sungai Rena

Struktur kayu di Swedia adalah seperti halnya struktur dari material yang lain, jadi peralatan yang digunakan untuk proses konstruksinya juga tidak main-main seperti yang dipakai pada struktur baja juga.



Gambar 5.12. Erection jembatan kayu laminasi.

Cara penyambungan tiap-tiap elemen memakai insert-steel, yah seperti sambungan baja, hanya saja tentu bagian yang terlemah adalah bagian kayu,

sehingga dimensinya ditentukan oleh kekuatan kayu. Untuk konstruksi seperti ini, penggunaan teknologi adhesive sudah bukan sesuatu yang asing lagi.



Gambar 5.13. Proses erection jembatan kayu sungai Rena

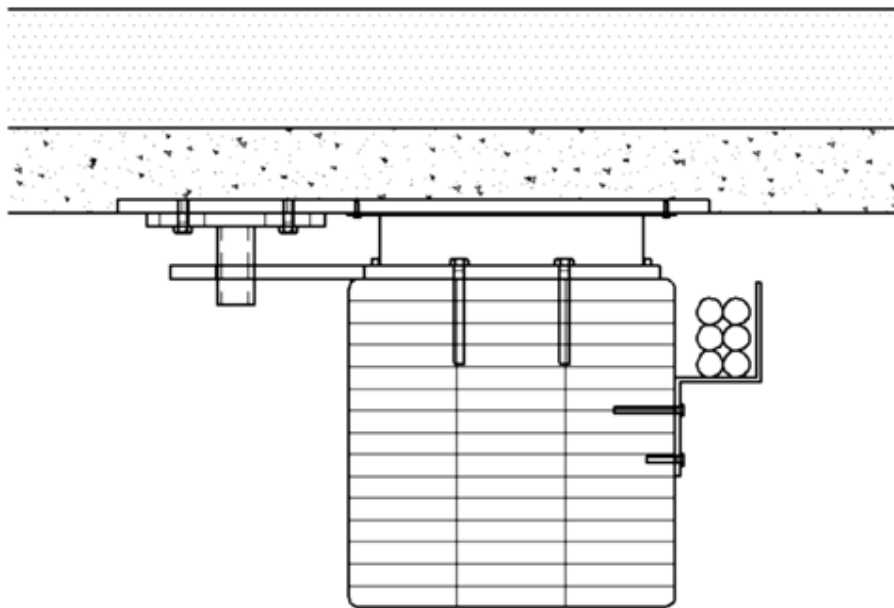
Ternyata untuk deck-nya atas digunakan pelat beton precast (tebal 130 mm). Memang sih untuk lantai maka bahan material yang paling cocok saat ini adalah beton, mantap dan cukup kuat. Menarik juga khan ada struktur gabungan kayu dan beton, dimana kayu disini menjadi struktur utama. Perhatikan cara pemasangan lantai precastnya sebagai berikut.



Gambar 5.14. Pemasangan lantai precast di atas jembatan kayu.

Jika melihat tulangan di atas deck precast tersebut, maka itu mestinya tulangan geser yang di atasnya akan dicor beton lagi, semacam topping begitu. Jadi total tebal beton precast dan cast-in-situ adalah sebesar 310 mm. Maklum beban rencana khan kendaraan tank tempur milik tentara Norwegia.

Hal menarik yang perlu dilihat adalah detail sambungan precast deck ke elemen kayu laminasi bagian atas. Dari gambar 7 di atas dapat diketahui bahwa sistem sambungan precast deck dan kayu adalah tidak menyatu, mereka bisa bergeser. Ini penting untukantisipasi kembang susut kedua bahan yang berbeda. Ini hebatnya perancangan struktur yang mereka buat. Mau lihat detail hubungan deck dan kayu, adalah sbb:



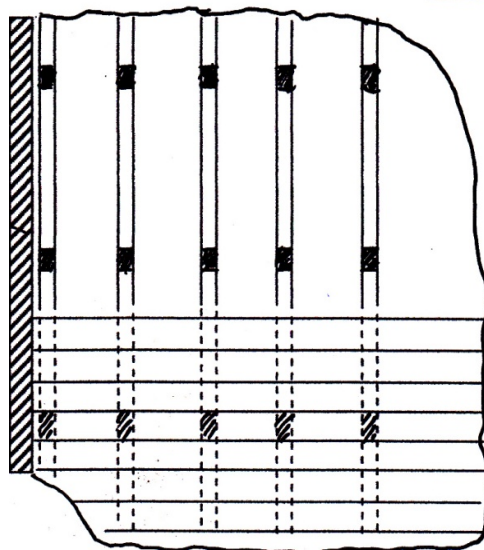
Gambar 5.15. Detail sambungan precast deck dan kayu laminasi atas.

Perhatikan ada bagian yang dapat menyebabkan precast deck berdeformasi tidak sama dengan kayunya. Jadi ketika terjadi kembang susut pada deck, tidak menyebabkan timbulnya tegangan akibat effect restraint pada rangka kayu. Yah mirip seperti struktur statis tertentu begitu, yaitu tidak dipengaruhi oleh terjadinya deformasi.



Gambar 5.16. Jembatan kayu sungai Rena, Norwegia

V.3 Bekisting



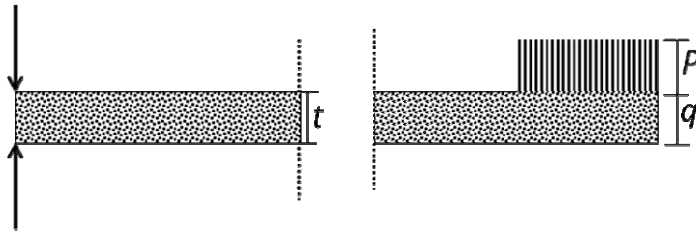
Gambar 5.17. Denah bekisting

Untuk perhitungan perencanaan bekisting diperlukan data-data sebagai berikut :

- Tebal plat beton
- Berat jenis beton
- Jenis kayu yang digunakan

Pada perhitungan bekisting, diperhitungkan beban-beban sebagai berikut : :

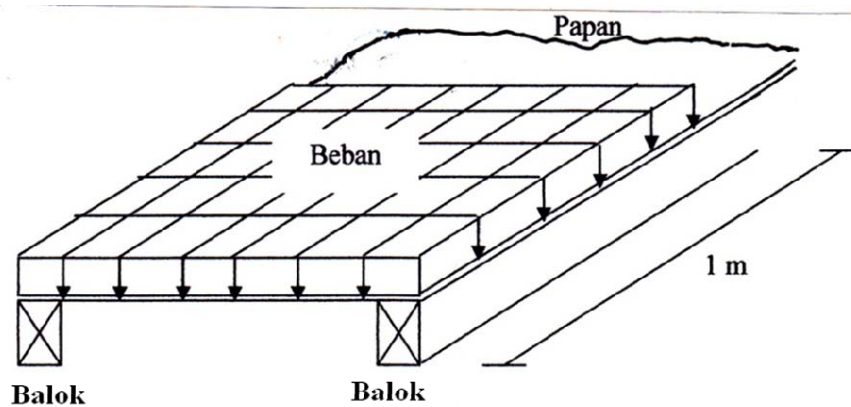
- a. Beban mati, yaitu berat sendiri beton (q)
 - b. Beban hidup, yaitu beban orang-orang yang bekerja di atas plat serta tumpukan adukan beton dan gerobak ($P = 500 \text{ kg/m}^2$).
- Beban total di atas perancah adalah beban tetap ditambah beban sementara ($q + P$).



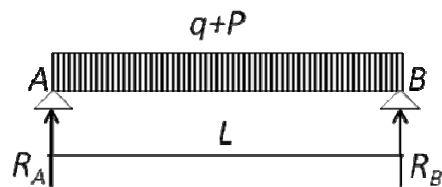
Gambar 5.18 Pembebanan pada bekisting

Berat sendiri perancah diabaikan.

V.3.1 Perhitungan Papan Perancah



Gambar 5.19 Pembebanan ditinjau untuk sebuah jalur selebar 1 meter



Gambar 5.20 Pembebanan pada papan

Reaksi perletakan :

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot (1,2 \cdot q + 1,6 \cdot P) \cdot L \dots\dots\dots 5.11)$$

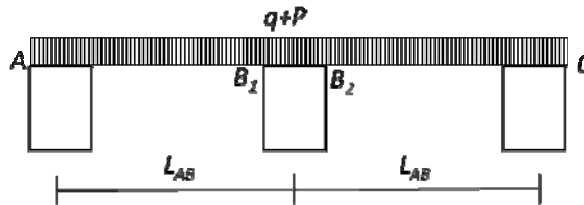
Momen terfaktor :

$$M_U = 1/8 \cdot (1,2 \cdot q + 1,6 \cdot P) \cdot L^2 \dots\dots\dots 5.12)$$

Perhitungan dimensi papan, untuk lebar 1 meter, memenuhi ketentuan perhitungan balok lentur. Faktor layan basah untuk papan kayu, $C_M = 0,85$.

V.3.2 Perhitungan Balok

Balok harus mendukung papan. Beban di atas balok diperoleh dari jumlah gaya-gaya reaksi dari dua bentang yang berdekatan.



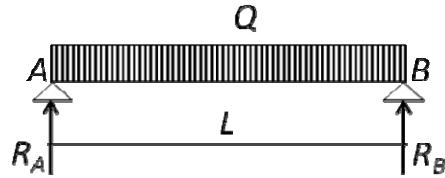
Gambar 5.21 Pembebanan pada balok

Reaksi perletakan :

$$R_{B1} = R_{B2} = \frac{1}{2} \cdot (q+P) \cdot L \dots\dots\dots 5.13)$$

$$Q = (1,2 \cdot q + 1,6 \cdot P) \dots\dots\dots 5.14)$$

Q sama dengan beban dari tengah-tengah bentang dari dua bentang yang berdekatan.



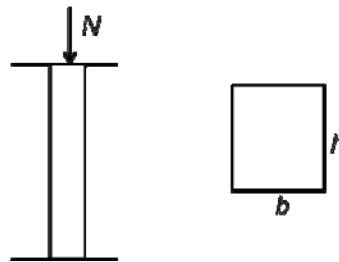
Gambar5.22 Reaksi pada balok

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot L \dots\dots\dots 5.15)$$

Momen terfaktor :

$$M_U = \frac{1}{8} \cdot Q \cdot L^2 \dots\dots\dots 5.16)$$

V.3.3 Perhitungan Kayu Penyanggah



Gambar 5.23 Pembebanan pada kayu penyanggah

Gaya normal yang diperhitungkan adalah :

$$N = q \cdot A.pengaruh \dots\dots\dots 5.17)$$

Dimana q adalah beban mati akibat berat beton + beban hidup akibat berat orang, A adalah luas pengaruh pada tiang penyanggah.

Perhitungan dimensi tiang, memenuhi ketentuan perhitungan batang tekan.

$$P_u \leq \lambda \cdot \phi_c \cdot P' \dots\dots\dots 5.18)$$

Jari-jari girasi ;

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \dots\dots\dots 5.19)$$

dan $i_x = 0,289.h$ (untuk penampang empat persegi)

Nilai kelangsingan batang :

$$\frac{K_e L}{i_x} \leq 175 \dots\dots\dots 5.20)$$

Tahanan tekan batang terkoreksi :

$$P' = C_p \cdot P_o' = C_p \cdot A \cdot F_c' \dots\dots\dots 5.21)$$

Faktor kestabilan batang tekan

$$C_p = \frac{1 + \alpha_c}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + \alpha_c}{2c}\right)^2 - \frac{\alpha_c}{c}} \dots\dots\dots 5.22)$$

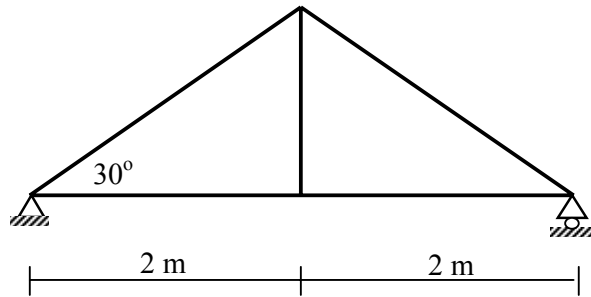
$$\alpha_c = \frac{\phi_s \cdot P_e}{\lambda \cdot \phi_c \cdot P_o'} \dots\dots\dots 5.23)$$

Tahanan tekuk kritis (Euler) :

$$P_e = \frac{\pi^2 \cdot E'_{05} \cdot I}{(K_e \cdot L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot E'_{05} \cdot A}{\left(K_e \cdot \frac{L}{i_x}\right)^2} \dots\dots\dots 5.24)$$

V.4 Contoh-Contoh Soal dan Pembahasan

Soal 1. Tentukan kekuatan gording kuda-kuda kayu untuk bangunan rumah sederhana seperti pada gambar. Kayu yang digunakan kode mutu E₂₅ dengan BJ.0,9 dan ukuran kayu 5/7. Jarak gording 1 m dan jarak kuda-kuda 2 m. Penutup atap seng gelombang BWG.24.



Gambar 5.24 Rangka kuda-kuda contoh soal 1.

Penyelesaian :

Pembebanan gording.

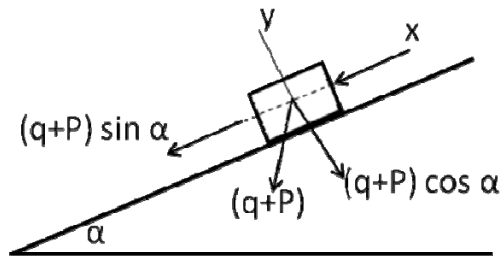
- Beban mati.

$$\text{Berat penutup atap} : 10 \times 1 = 10 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat gording} : 0,05 \times 0,07 \times 900 = 3,15 \text{ kg/m}$$

$$q = 13,15 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (P) : = 100 kg



Gambar 5.25 Pembebanan pada gording contoh soal 1

Momen-momen yang terjadi :

Akibat beban mati :

$$M_x = 1/8 \cdot q \sin \alpha \cdot L^2 = 1/8 \cdot 13,15 \cdot \sin 30 \cdot 2^2 = 3,2875 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/8 \cdot q \cos \alpha \cdot L^2 = 1/8 \cdot 13,15 \cdot \cos 30 \cdot 2^2 = 5,6941 \text{ kgm}$$

Akibat beban hidup.

$$M_x = 1/4 \cdot P \sin \alpha \cdot L^2 = 1/4 \cdot 100 \cdot \sin 30 \cdot 2^2 = 50 \text{ kgm}$$

$$M_y = 1/4 \cdot P \cos \alpha \cdot L^2 = 1/4 \cdot 100 \cdot \cos 30 \cdot 2^2 = 86,6025 \text{ kgm}$$

Kontrol tegangan lentur :

$$\sigma_{lt} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq F_b'$$

$$\sigma_{lt} = \frac{532875}{40833,33} + \frac{922966}{29166,67} = 44,69 < 67 \rightarrow ok$$

Kontrol lendutan :

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_x \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_x \cdot L^3}{E \cdot I_x} \leq f_{izin} = \frac{1}{200} \cdot L$$

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,1315 \cdot \sin 30 \cdot 2000^4}{25000 \cdot 1429166,67} + \frac{1}{48} \cdot \frac{1000 \cdot \sin 30 \cdot 2000^3}{25000 \cdot 1429166,67} = 2,7mm < 10mm \rightarrow ok$$

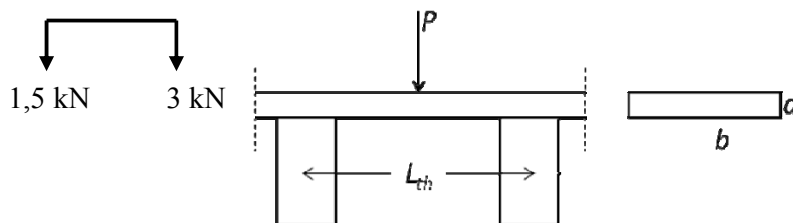
$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y \cdot L^4}{E \cdot I_y} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y \cdot L^3}{E \cdot I_y} \leq f_{izin} = \frac{L}{200}$$

$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,1315 \cdot \cos 30 \cdot 2000^4}{25000 \cdot 729166,67} + \frac{1}{48} \cdot \frac{1000 \cdot \cos 30 \cdot 2000^3}{25000 \cdot 729199,67} = 9,22mm < 10mm \rightarrow ok$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq f_{izin}$$

$$f = \sqrt{2,7^2 + 9,22^2} = 9,61mm < 10mm \rightarrow ok$$

Soal 2. Suatu konstruksi jembatan kayu dengan panjang bentang 5 m dengan beban kendaraan seperti pada gambar, lebar papan 30 cm dan jarak antara balok 50 cm. Kayu yang digunakan mutu A dari kode mutu E₂₅ dengan berat jenis 0,9. Tentukan tebal papan lantai dan dimensi balok/gelagar.



Gambar 5.26 Jembatan kayu contoh soal 2

Penyelesaian :

Tebal papan lantai.

$$L_{th} = 50 + 0,05 \cdot 50 = 52,5 \text{ cm}$$

$$\Phi = 1 + (20 / (50 + 5,25)) = 1,36 \approx 1,4$$

Kayu mutu A dari kode mutu E₂₅ : $F_b = 67 \text{ MPa}$

Faktor layan basah : $CM = 0,85$ (lantai papan kayu)

Kuat lentur terkoreksi : $F_b' = 67 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 45,56 \text{ MPa}$

$$d = \sqrt{\frac{3 \cdot \phi \cdot P \cdot L_{th}}{2 \cdot b \cdot F_b'}}$$

$$d = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,4 \cdot 3000 \cdot 525}{2 \cdot 300 \cdot 45,56}} = 15,56 = 16 \text{ mm}$$

Tebal papan lantai dalam prakteknya adalah $16 + 1 = 17 \text{ mm}$ atau $1,7 \text{ cm}$

Dimensi balok/gelagar.

Berat sendiri papan lantai : $q = 0,017 \cdot 0,3 \cdot 900 = 4,59 \text{ kg/m} = 45,9 \text{ N/m}$

Berat sendiri balok diabaikan

Beban terpusat akibat tekanan roda kendaraan maksimum $P = 3 \text{ kN}$

Bentang rencana : $L_{th} = 5 + 0,05 \cdot 5 = 5,25 \text{ m}$

Momen terfaktor :

$$M_u = 1,2(1/8 \cdot 45,9 \cdot 5,25^2) + 1,6(1/4 \cdot 3000 \cdot 5,25) = 6489,77 \text{ Nm}$$

$$= 6489770 \text{ Nmm}$$

Tahanan lentur terkoreksi :

Penampang empat persegi : $C_f = 1,4$

$$M' = F_b' \cdot W \cdot C_f = 45,56 \cdot W \cdot 1,4 = 63,78 W$$

Momen lentur :

$$M_u \leq \lambda \cdot \phi_b \cdot M'$$

Faktor waktu : $\lambda = 0,8$

Faktor tahanan lentur : $\phi_b = 0,85$

$$6489770 \leq 0,8 \cdot 0,85 \cdot 63,78W$$

$$W \geq 6489770 / (0,8 \cdot 0,85 \cdot 63,78)$$

$$W \geq 149636 \text{ mm}^3$$

Penampang empat persegi, asumsi : $h = 2b$

$$W \geq 1/6 \cdot b \cdot h^2$$

$$W \geq 1/6 \cdot b \cdot (2b)^2$$

$$W \geq 2/3 b^3$$

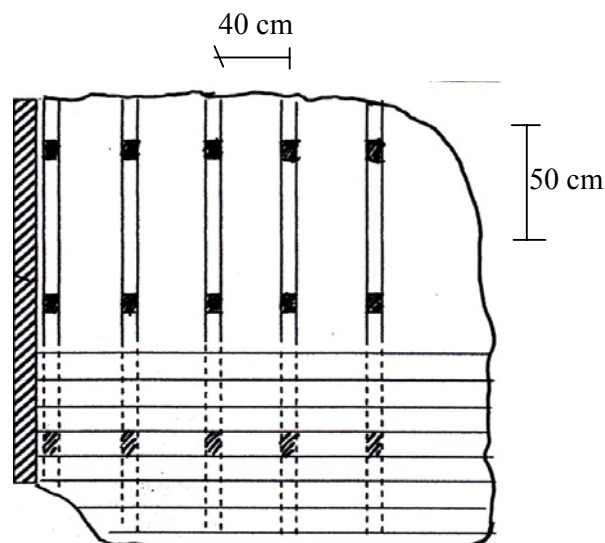
$$2/3 b^3 \geq 149636$$

$$b = 60,77 \approx 70 \text{ mm}$$

$$h = 70 \cdot 2 = 140 \text{ mm}$$

Jadi ukuran balok/gelagar kayu yang dipakai adalah 7/14

Soal 3. Pengecoran suatu plat lantai beton dengan tebal 12 cm, berat jenis beton 2,5 t/m³. Untuk bekisting digunakan kayu dari kode mutu E15, dengan denah seperti pada gambar. Tentukan ukuran papan, balok, dan tiang penyanggah untuk tinggi 3 m.



Gambar 5.27 Denah bekisting contoh soal 3.

Penyelesaian :

Berat sendiri plat : $q = 0,12 \cdot 2,5 = 0,3 \text{ t/m}^2 = 300 \text{ kg/m}^2$

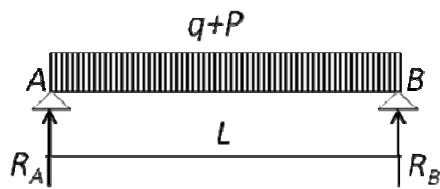
Tumpukkan adukan beton dan gerobak : $P = 500 \text{ kg/m}^2$

Berat sendiri bekisting diabaikan.

Kayu kode mutu E_{15} : $E_w = 15000 \text{ MPa}$, $F_b = 35 \text{ MPa}$, $F_c = 36 \text{ MPa}$, $F_v = 5,3 \text{ MPa}$

Perhitungan papan perancah, untuk selebar 1 m

Reaksi perletakan :



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} ((1,2 \cdot 300) + (1,6 \cdot 500)) \cdot 0,4 = 232 \text{ kg}$$

Momen terfaktor :

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot ((1,2 \cdot 300) + (1,6 \cdot 500)) \cdot 0,4^2 = 23,2 \text{ kgm} = 232000 \text{ Nmm}$$

Tahanan lentur terkoreksi :

Faktor layan basah : $CM = 0,85$ (papan kayu)

Penampang empat persegi : $Cf = 1,4$

$$M' = F_b' \cdot W \cdot Cf = (35 \cdot 0,85) \cdot W \cdot 1,4 = 41,65W$$

Momen lentur :

$$M_u \leq \lambda \cdot \phi_b \cdot M'$$

Faktor waktu : $\lambda = 0,8$

Faktor tahanan lentur : $\phi_b = 0,85$

$$232000 \leq 0,8 \cdot 0,85 \cdot 41,65W$$

$$W \geq 232000 / (0,8 \cdot 0,85 \cdot 41,65)$$

$$W \geq 8192 \text{ mm}^3$$

Penampang empat persegi, asumsi : $b = 1 \text{ m}$

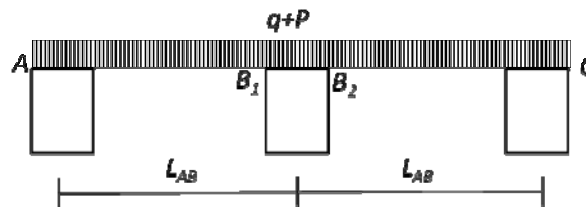
$$W \geq 1/6 \cdot b \cdot h^2$$

$$8192 \geq 1/6 \cdot 300 \cdot (h^2)$$

$$h \geq 12,8 \approx 13 \text{ mm}$$

Jadi tebal papan kayu untuk selebar 1 m adalah 1,3 cm

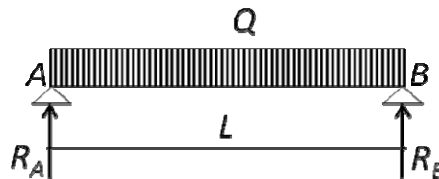
Perhitungan balok



Reaksi perletakan :

$$R_{B1} = R_{B2} = \frac{1}{2} \cdot (q+P) \cdot L = \frac{1}{2} (300+500) \cdot 0,4 = 400 \text{ kg/m}$$

$$Q = (1,2 \cdot q + 1,6 \cdot P) \cdot L = (1,2 \cdot 300) + (1,6 \cdot 500) \cdot 0,4 = 464 \text{ kg/m}$$



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 464 \cdot 0,4 = 92,8 \text{ kg}$$

Momen terfaktor :

$$M_U = 1/8 \cdot Q \cdot L^2 = 1/8 \cdot 464 \cdot 0,4^2 = 9,28 \text{ kgm} = 92800 \text{ Nmm}$$

Tahanan lentur terkoreksi :

Faktor layan basah : $CM = 0,85$ (balok kayu)

Kuat lentur terkoreksi : $F_b' = 35 \cdot 0,85 = 29,75 \text{ MPa}$

Penampang empat persegi : $C_f = 1,4$

$$M' = F_b' \cdot W \cdot C_f = 29,75 \cdot W \cdot 1,4 = 41,65W$$

Momen lentur :

$$M_u \leq \lambda \cdot \phi_b \cdot M'$$

Faktor waktu : $\lambda = 0,8$

Faktor tahanan lentur : $\phi_b = 0,85$

$$92800 \leq 0,8 \cdot 0,85 \cdot 41,65W$$

$$W \geq 92800 / (0,8 \cdot 0,85 \cdot 41,65)$$

$$W \geq 3277 \text{ mm}^3$$

Penampang empat persegi, asumsi : $h = 2b$

$$W \geq 1/6 \cdot b \cdot h^2$$

$$W \geq 1/6 \cdot b \cdot (2b)^2$$

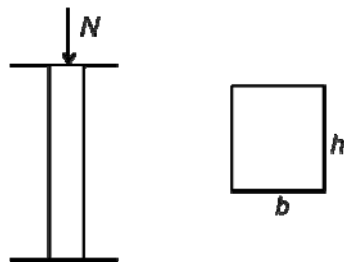
$$W \geq 2/3 b^3$$

$$2/3 b^3 \geq 3277$$

$$b = 17 \approx 20 \text{ mm}$$

$$h = 20 \cdot 2 = 40 \text{ mm}$$

Perhitungan Kayu Penyanggah



asumsi ukuran kayu 5/7

Gaya normal :

$$N = q \cdot A.pengaru = 464 \cdot (0,4 \cdot 0,5) = 92,8 \text{ kg} = 928 \text{ N}$$

Perhitungan dimensi tiang, memenuhi ketentuan perhitungan batang tekan.

$$\text{Luas, } A = 5 \times 7 = 35 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia, } I &= 1/12 \cdot b \cdot h^3 \\ &= 1/12 \cdot 5 \cdot 7^3 \\ &= 143 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Jari-jari girasi :

$$i_x = \sqrt{\frac{143}{35}} = 2,02 \text{ cm}$$

Kelangsingan batang tekan, untuk K_e teoritis = 0,7

$$\begin{aligned} \frac{(0,7) \cdot (300)}{2,02} &\leq 175 \\ 103,96 &\leq 175 \rightarrow \text{memenuhi} \end{aligned}$$

Kelangsingan batang tekan, untuk K_e idiil = 0,8

$$\begin{aligned} \frac{(0,8) \cdot (300)}{2,02} &\leq 175 \\ 118,81 &\leq 175 \rightarrow \text{memenuhi} \end{aligned}$$

Modulus elastisitas lentur presentil ke lima:

$$E_{05} = 0,67 \cdot (15000) = 10050 \text{ MPa}$$

Faktor koreksi : layan basah, $C_m = 0,67$, temperatur, $C_t = 0,8$

$$E_{05}' = 10050 \cdot 0,67 \cdot 0,8 = 5386,8 \text{ MPa}$$

Tahanan tekuk kritis (Euler)

$$P_e = \frac{\pi^2 \cdot (5386,8) \cdot (3500)}{\left((0,7) \cdot \frac{(300)}{2,02} \right)^2} = 3836,29 \text{ N}$$

Tahanan tekuk aksial terkoreksi sejajar pada kealangsingan batang :

$$P'_o = (3500) \cdot (29,75) \cdot (0,67) \cdot (0,8) \cdot (0,63) = 35160,93 \text{ N}$$

Faktor kestabilan batang :

$$\alpha_c = \frac{(0,8).(3836,29)}{(0,8).(0,9).(35169,93)} = 0,12$$

$$C_p = \frac{1+0,12}{2.(0,8)} - \sqrt{\left(\frac{1+0,12}{2.(0,8)}\right)^2 - \frac{0,12}{0,8}} = 0,117$$

Gaya tekan terfaktor :

$$P_u \leq (0,8).(0,9).(0,117).(3500).(29,75)$$

$$P_u \leq 8771N$$

Jadi gaya tekan yang mampu dipikul batang tekan tersebut adalah sebesar 8771 N < 928 N (beban yang bekerja), berarti ukuran kayu 5/7 dapat dipakai untuk tiang penyanggah.