

3. PROSEDUR PERHITUNGAN

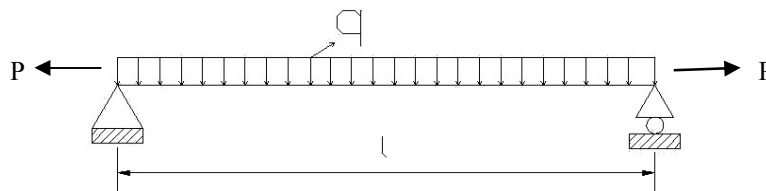
Dalam perencanaan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan aksial perlu diperhatikan beberapa prosedur perhitungan dari peraturan yang digunakan, baik PKKI 1961 NI-5 maupun RSNI T-02-2003. Karena konsep perencanaan antara kedua peraturan tersebut berbeda, maka dalam proses perhitungannya pun juga akan berbeda. Dimana RSNI T-02-2003 mengarah pada *Load and Resistance Factor Design* (LRFD), sedangkan PKKI 1961 NI-5 mengarah pada *Allowable Strength Design* (ASD).

3.1. Definisi Contoh Perhitungan

Sebuah balok tunggal yang diletakkan diatas 2 perletakan sederhana (*simply supported*) dengan 3 macam dimensi / ukuran yang digunakan, yaitu : 10/20, 10/16 dan 8/14. Ketiga macam dimensi kayu itulah yang seringkali digunakan dalam perencanaan struktur kayu, dan juga termasuk dalam dimensi-dimensi kayu yang umum diperjualbelikan di perdagangan kayu Indonesia.

Seluruh perhitungan perencanaan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan aksial baik PKKI 1961 NI-5 maupun RSNI T-02-2003 pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Office Excel 2003*.

3.1.1. Balok Tunggal yang Dibebani oleh Beban Merata (q) dan Gaya Tarik Aksial



Gambar 3.1. Balok tunggal yang dibebani oleh beban merata (q) dan gaya tarik aksial (P)

Pada struktur kayu yang dibebani oleh kombinasi lentur dan tarik, digunakan 2 macam dimensi kayu, yaitu 10/20 dan 10/16.

3.1.1.1. Jenis Kayu

Jenis kayu yang dipergunakan adalah kayu Jati. Jenis kayu ini dipilih karena cukup mudah untuk diperoleh dalam perdagangan kayu di Indonesia.

Data-data balok tunggal yang berupa berat jenis kayu untuk kayu-kayu yang ada di Indonesia, baik dalam perencanaan dengan RSNI T-02-2003 maupun PKKI 1961 NI-5 akan diambil dari "Daftar Kayu Indonesia yang terpenting" yang terdapat pada PKKI 1961 NI-5, mengingat pada RSNI T-02-2003 tidak terdapat data-data tersebut.

Dalam RSNI T-02-2003, nilai berat jenis kayu digunakan untuk memperoleh nilai kuat acuan yang berupa Modulus Elastisitas Lentur, E_w (MPa). Namun nilai berat jenis kayu yang digunakan tersebut harus berada pada kondisi kadar air 15 %.

Karena nilai berat jenis kayu yang ada pada Daftar Kayu Indonesia yang Terpenting dalam PKKI 1961 NI-5 adalah nilai berat jenis kayu kering udara (pada kadar air rata-rata 15 %), maka nilai-nilai tersebut dapat pula digunakan dalam perencanaan yang menggunakan RSNI T-02-2003.

Dengan mengarah kepada Daftar Kayu Indonesia yang Terpenting dalam PKKI 1961 NI-5, maka dalam pemilihan jenis kayu yang dipakai juga perlu memperhatikan kelas kuat dari masing-masing jenis kayu. Dan dalam contoh-contoh perhitungan pada bab ini digunakan jenis kayu jati yang memiliki kelas kuat II.

3.1.1.2. Kelas Mutu Kayu

Jenis kayu yang akan digunakan, yaitu kayu Jati adalah kayu yang termasuk dalam kelas mutu kayu A. Hal tersebut berlaku untuk perhitungan yang menggunakan RSNI T-02-2003 maupun PKKI 1961 NI-5. Penggunaan kayu dengan kelas mutu kayu A dikarenakan kayu tersebut sering digunakan sebagai komponen struktural dalam struktur kayu.

3.1.1.3. Panjang Bentang

Panjang bentang dari balok tunggal untuk semua dimensi yang digunakan adalah 3 meter dan 4 meter.

3.1.1.4. Beban Merata (q) dan Macam Pembebanan

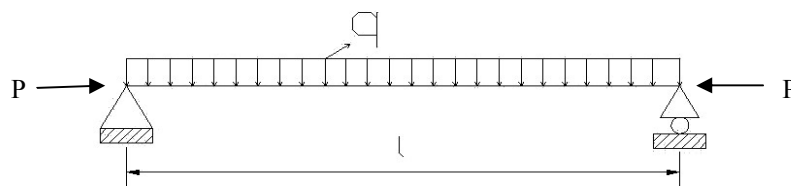
Beban tetap (mati) berasal dari berat sendiri balok kayu. Untuk beban angin diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, yaitu sebesar 0 kg/m^2 , 25 kg/m^2 , 40 kg/m^2 , dan 100 kg/m^2 .

Agar dapat melihat kekuatan balok tunggal dalam menahan beban merata yang diterima, maka beban tetap (hidup) / beban hidup pada masing-masing kondisi yang telah ditentukan diatas, akan diberikan secara bertahap hingga dicapai nilai beban tetap (hidup) / beban hidup maksimum yang dapat diterima oleh balok kayu tersebut. Namun dalam hal ini nilai beban tetap (mati) / beban mati dan beban angin dibuat sama untuk setiap peningkatan nilai beban hidup.

3.1.1.5. Gaya Tarik Aksial dan Macam Pembebanan

Gaya tarik aksial berasal dari beban angin. Gaya tarik aksial ini diambil sebesar 200 kg, dengan asumsi beban angin yang terjadi sebesar 25 kg/m^2 dan luas bidang sentuh sebesar $4 \times 4 \text{ m}^2$. Gaya yang terjadi akibat angin ini kemudian disalurkan pada balok sebagai gaya aksial. Besarnya gaya tarik aksial ini dianggap sama untuk PKKI maupun RSNI.

3.1.2. Balok Tunggal yang Dibebani oleh Beban Merata (q) dan Gaya Tekan Aksial



Gambar 3.2. Balok tunggal yang dibebani oleh beban merata (q) dan gaya tekan aksial (P)

Pada struktur kayu yang dibebani oleh kombinasi lentur dan tekan, ada dua jenis kasus yang ditinjau, yaitu balok dan gording. Untuk kasus balok, digunakan 2 macam dimensi kayu, yaitu 10/20 dan 10/16. Sedangkan untuk kasus gording, digunakan dimensi kayu 8/14.

3.1.2.1. Jenis Kayu

Jenis kayu yang dipergunakan adalah kayu Jati. Jenis kayu ini dipilih karena cukup mudah untuk diperoleh dalam perdagangan kayu di Indonesia.

Data-data balok tunggal yang berupa berat jenis kayu untuk kayu-kayu yang ada di Indonesia, baik dalam perencanaan dengan RSNI T-02-2003 maupun PKKI 1961 NI-5 akan diambil dari "Daftar Kayu Indonesia yang terpenting" yang terdapat pada PKKI 1961 NI-5, mengingat pada RSNI T-02-2003 tidak terdapat data-data tersebut.

Dalam RSNI T-02-2003, nilai berat jenis kayu digunakan untuk memperoleh nilai kuat acuan yang berupa Modulus Elastisitas Lentur, E_w (MPa). Namun nilai berat jenis kayu yang digunakan tersebut harus berada pada kondisi kadar air 15 %.

Karena nilai berat jenis kayu yang ada pada Daftar Kayu Indonesia yang Terpenting dalam PKKI 1961 NI-5 adalah nilai berat jenis kayu kering udara (pada kadar air rata-rata 15 %), maka nilai-nilai tersebut dapat pula digunakan dalam perencanaan yang menggunakan RSNI T-02-2003.

Dengan mengarah kepada Daftar Kayu Indonesia yang Terpenting dalam PKKI 1961 NI-5, maka dalam pemilihan jenis kayu yang dipakai juga perlu memperhatikan kelas kuat dari masing-masing jenis kayu. Dan dalam contoh-contoh perhitungan pada bab ini digunakan jenis kayu jati yang memiliki kelas kuat II.

3.1.2.2. Kelas Mutu Kayu

Jenis kayu yang akan digunakan, yaitu kayu Jati adalah kayu yang termasuk dalam kelas mutu kayu A. Hal tersebut berlaku untuk perhitungan yang menggunakan RSNI T-02-2003 maupun PKKI 1961 NI-5. Penggunaan kayu dengan kelas mutu kayu A dikarenakan kayu tersebut sering digunakan sebagai komponen struktural dalam struktur kayu.

3.1.2.3. Panjang Bentang

Panjang bentang dari balok tunggal untuk semua dimensi yang digunakan adalah 3 meter dan 4 meter.

3.1.2.4. Beban Merata (q) dan Macam Pembebanan

Untuk kasus balok, beban tetap (mati) berasal dari berat sendiri balok kayu. Untuk beban angin diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, yaitu sebesar 0 kg/m^2 , 25 kg/m^2 , 40 kg/m^2 , dan 100 kg/m^2 . Sedangkan untuk kasus gording, beban tetap (mati) berasal dari berat sendiri balok kayu dan beban penutup atap. Untuk beban angin diambil sama seperti pada kasus balok, hanya nilainya berbeda karena kemiringan atap.

Agar dapat melihat kekuatan balok tunggal dalam menahan beban merata yang diterima, maka beban tetap (hidup) / beban hidup pada masing-masing kondisi yang telah ditentukan diatas, akan diberikan secara bertahap hingga dicapai nilai beban tetap (hidup) / beban hidup maksimum yang dapat diterima oleh balok kayu tersebut. Namun dalam hal ini nilai beban tetap (mati) / beban mati dan beban angin dibuat sama untuk setiap peningkatan nilai beban hidup.

3.1.2.5. Gaya Tekan Aksial dan Macam Pembebanan

Gaya tekan aksial berasal dari beban angin. Gaya tekan aksial ini diambil sebesar 200 kg, dengan asumsi beban angin yang terjadi sebesar 25 kg/m^2 dan luas bidang sentuh sebesar $4 \times 4 \text{ m}^2$. Gaya yang terjadi akibat angin ini kemudian disalurkan pada balok sebagai gaya aksial. Besarnya gaya tekan aksial ini dianggap sama untuk PKKI maupun RSNI.

3.2. Detail-Detail Perhitungan

Setelah dilakukan pendefinisian contoh-contoh perhitungan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan aksial, maka untuk langkah selanjutnya dilakukan perhitungan sesuai dengan prosedur peraturan masing-masing, baik dengan RSNI T-02-2003 maupun PKKI 1961 NI-5. Selain itu juga akan dilakukan perbandingan antara RSNI T-02-2003 dan PKKI 1961 NI-5 secara keseluruhan.

Untuk memperjelas prosedur perhitungan yang dilakukan, maka pada bagian ini akan ditampilkan langkah-langkah perhitungan dan detail perhitungan dari balok kayu 10/20, bentang 4 m yang menerima beban merata dan gaya aksial,

balok kayu 10/16, bentang 4 m yang menerima beban merata dan gaya aksial, dan gording 10/14, bentang 3 m dan 4 m yang menerima beban merata dan gaya aksial tekan. Setiap kasus akan dibandingkan antara RSNI T-02-2003 dengan PKKI 1961 NI-5.

3.3. Langkah-Langkah Perhitungan Komponen Struktur yang Dibebani Kombinasi Lentur dan Tarik Menurut PKKI 1961 NI-5 dan RSNI T-02-2003

Langkah-langkah perhitungan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan tarik menurut PKKI 1961 NI-5:

1. Menentukan beban yang bekerja pada struktur, yaitu beban mati (q_d), beban hidup (q_l) dan beban angin (q_w).
2. Menentukan gaya tarik yang timbul pada batang, S_{tr} .
3. Menentukan faktor-faktor koreksi, yaitu faktor sifat muatan (γ), faktor lingkungan (β) dan faktor kadar air (α).
4. Menentukan jenis kayu yang akan dipakai, beserta kelas kuat dan tegangan tarik yang diijinkan ($\bar{\sigma}_{tr//}$) berdasarkan Tabel 2.4.

Tegangan tarik yang diijinkan ($\bar{\sigma}_{tr//}$) ini digandakan dengan faktor sifat muatan (γ), faktor lingkungan (β) dan faktor kadar air (α), menjadi $\bar{\sigma}'_{tr//}$.

$$\bar{\sigma}'_{tr//} = \bar{\sigma}_{tr//} \times \gamma \times \beta \times \alpha$$

5. Menentukan dimensi komponen struktur, yaitu:
 - a) Lebar, b
 - b) Tinggi, h
 - c) Panjang, l
 dan menghitung:
 - a) Luas penampang, $F_n = b \times h$
 - b) Momen inersia, $I_{min} = \frac{1}{12} \times b^3 \times h$
6. Menghitung lendutan yang terjadi, $f_{max} = (5ql^4) / (384 E I_x)$ dan lendutan yang diijinkan berdasarkan Butir 2.8.1.
7. Menghitung syarat lendutan yaitu f_{max} harus lebih kecil atau sama dengan yang disyaratkan.

8. Menghitung momen maksimum yang terjadi, $M_{\max} = \frac{1}{8} \times q \times l^2$ dan gaya geser maksimum yang terjadi $V_{\max} = \frac{1}{2} \times q \times l$.
9. Menghitung momen penahan netto, $W_n = \frac{1}{6} \times b \times d^2$.
10. Menghitung syarat tahanan lentur, $\sigma_{l//} \leq \bar{\sigma}_{t//} \times \alpha \times \beta \times \gamma$, dimana $\sigma_{l//} = M_{\max} / W_n$.
11. Menghitung syarat tahanan geser, $\tau_{//} \leq \bar{\tau}_{//} \times \alpha \times \beta \times \gamma$, dimana $\tau_{//} = \frac{3}{2} \times \frac{V_{\max}}{b \times d}$.
12. Menentukan perencanaan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan tarik menurut PKKI 1961 NI-5 berdasarkan Butir 2.9.3.3.

$$\sigma_{tr//} = \frac{S_{tr}}{F_{br}} + \phi_1 \frac{M_{\max}}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{tr//}$$
 dimana $\phi_1 = \bar{\sigma}_{tr//} / \bar{\sigma}_{t//}$
13. Apabila salah satu persyaratan yang telah ditetapkan menurut PKKI 1961 NI-5 tidak dapat terpenuhi maka harus dilakukan perencanaan ulang.

Langkah-langkah perhitungan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan tarik menurut RSNI T-02-2003:

1. Menentukan jenis kayu yang akan dipakai, beserta kelas kuat dan berat jenis kering udara (BJ).
 Catatan: Berat jenis kering udara (BJ) dapat peroleh dengan cara melakukan uji laboratorium terhadap benda uji kayu. Apabila uji laboratorium tidak dapat dilakukan terdapat cara alternatif, yaitu memperoleh data-data berat jenis kayu yang terdapat pada PKKI 1961 NI-5 (Lampiran 1).
2. Menentukan berat jenis pada kadar air 15%, modulus elastisitas lentur (E_w), kuat lentur (F_b), kuat geser (F_v) dan kuat tarik sejajar serat (F_t) berdasarkan Tabel 2.6.
3. Menentukan dimensi komponen struktur tekan, yaitu:

- a) Lebar, b
- b) Tinggi, h
- c) Panjang, l

dan menghitung:

- a) Luas penampang, $F_n = b \times h$
- b) Momen inersia, $I_{min} = \frac{1}{12} \times b^3 \times h$

4. Menentukan beban-beban yang bekerja pada struktur, yaitu beban mati (qd), beban hidup (ql) dan beban angin (qw).
5. Menentukan gaya tarik yang terjadi, T_u .
6. Menentukan masing-masing kombinasi pembebanan berdasarkan Butir 2.4.2.2. Dari kombinasi-kombinasi tersebut diambil nilai maksimum sebagai beban merata, q_u .
7. Menghitung lendutan yang terjadi, $f_{max} = (5ql^4) / (384 E I_x)$ dan lendutan yang diijinkan berdasarkan Butir 2.8.2.
8. Menghitung syarat lendutan yaitu f_{max} harus lebih kecil atau sama dengan yang disyaratkan.
9. Menentukan faktor waktu (λ) berdasarkan Tabel 2.10, faktor tahanan (Φ) Tabel 2.11, dan faktor koreksi (C_i) berdasarkan Butir 2.6.3.
10. Menghitung syarat tahanan lentur, yaitu $M_u \leq \lambda\Phi_b M'_s$, dan syarat tahanan geser, yaitu $V_u \leq \lambda\Phi_v V'$.
11. Menghitung syarat tahanan tarik aksial, $T_u \leq \lambda\Phi_t T'$.
12. Menentukan perencanaan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan tarik menurut RSNI T-02-2003 berdasarkan Butir 2.10.2.

$$\text{Syarat sisi tarik: } \frac{T_u}{\lambda\Phi_t T'} + \frac{M_{ux}}{\lambda\Phi_b M'_s} + \frac{M_{uy}}{\lambda\Phi_b M'_y} \leq 1.0$$

$$\text{Syarat sisi tekan: } \frac{\left(M_{ux} - \frac{d}{6} T_u \right)}{\lambda\Phi_b M'_x} + \frac{M_{uy}}{\lambda\Phi_b M'_y \left(1 - \frac{M_{ux}}{\Phi_b M'_e} \right)^2} \leq 1.0$$

Interaksi pada sisi tekan tanpa adanya gaya tarik aksial, dimana pada rumus syarat sisi tekan, nilai T_u , sama dengan nol.

13. Apabila salah satu persyaratan yang telah ditetapkan menurut RSNI T-02-2003 tidak dapat terpenuhi maka harus dilakukan perencanaan ulang.

3.4. Langkah-Langkah Perhitungan Komponen Struktur yang Dibebani Kombinasi Lentur dan Tekan Menurut PKKI 1961 NI-5 dan RSNI T-02-2003

Langkah-langkah perhitungan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan tekan menurut PKKI 1961 NI-5:

1. Menentukan beban yang bekerja pada struktur, yaitu beban mati (q_d), beban hidup (q_l) dan beban angin (q_w).
2. Menentukan gaya tekan yang timbul pada batang, S_{tk} .
3. Menentukan faktor-faktor koreksi, yaitu faktor sifat muatan (γ), faktor lingkungan (β) dan faktor kadar air (α).
4. Menentukan jenis kayu yang akan dipakai, beserta kelas kuat dan tegangan tekan yang diijinkan ($\bar{\sigma}_{tk//}$) berdasarkan Tabel 2.4.

Tegangan tekan yang diijinkan ($\bar{\sigma}_{tk//}$) digandakan dengan faktor sifat muatan (γ), faktor lingkungan (β) dan faktor kadar air (α), menjadi $\bar{\sigma}'_{tk//}$.

$$\bar{\sigma}'_{tk//} = \bar{\sigma}_{tk//} \times \gamma \times \beta \times \alpha$$

5. Menentukan dimensi komponen struktur, yaitu:
 - a) Lebar, b
 - b) Tinggi, h
 - c) Panjang, ldan menghitung:
 - a) Luas penampang, $F_n = b \times h$
 - b) Momen inersia, $I_{min} = \frac{1}{12} \times b^3 \times h$
6. Menghitung lendutan yang terjadi, $f_{max} = (5ql^4) / (384 E I_x)$ dan lendutan yang diijinkan berdasarkan Butir 2.8.1.
7. Menghitung syarat lendutan yaitu f_{max} harus lebih kecil atau sama dengan yang disyaratkan.
8. Menentukan angka kelangsingan (λ).

$$\lambda = \frac{l_R}{i_{\text{min}}} \leq 150$$

9. Menentukan faktor tekuk (ω) berdasarkan Tabel 2.9.
10. Menghitung momen maksimum yang terjadi, $M_{\text{max}} = \frac{1}{8} \times q \times l^2$ dan gaya geser maksimum yang terjadi $V_{\text{max}} = \frac{1}{2} \times q \times l$.
11. Menghitung momen penahan netto, $W_n = \frac{1}{6} \times b \times d^2$.
12. Menghitung syarat tahanan lentur, $\sigma_{t//} \leq \bar{\sigma}_{t//} \times \alpha \times \beta \times \gamma$, dimana $\sigma_{t//} = M_{\text{max}} / W_n$.
13. Menghitung syarat tahanan geser, $\tau_{//} \leq \bar{\tau}_{//} \times \alpha \times \beta \times \gamma$, dimana $\tau_{//} = \frac{3}{2} \times \frac{V_{\text{max}}}{b \times d}$.
14. Menentukan perencanaan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan tekan menurut PKKI 1961 NI-5 berdasarkan Butir 2.9.3.3.

$$\sigma_{tk//} = \frac{S\omega}{F_{br}} + \phi_2 \frac{M_{\text{max}}}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{tk//}$$
 dimana $\phi_2 = \bar{\sigma}_{tk//} / \bar{\sigma}_{t//}$
15. Apabila salah satu persyaratan yang telah ditetapkan menurut PKKI 1961 NI-5 tidak dapat terpenuhi maka harus dilakukan perencanaan ulang.

Langkah-langkah perhitungan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan tekan menurut RSNI T-02-2003:

1. Menentukan jenis kayu yang akan dipakai, beserta kelas kuat dan berat jenis kering udara (BJ).
Catatan: Berat jenis kering udara (BJ) dapat peroleh dengan cara melakukan uji laboratorium terhadap benda uji kayu. Apabila uji laboratorium tidak dapat dilakukan terdapat cara alternatif, yaitu memperoleh data-data berat jenis kayu yang terdapat pada PKKI 1961 NI-5 (Lampiran 1).
2. Menentukan berat jenis pada kadar air 15%, modulus elastisitas lentur (E_w) dan kuat tekan sejajar serat (F_c) berdasarkan Tabel 2.6.

3. Menentukan dimensi komponen struktur tekan, yaitu:
 - a) Lebar, b
 - b) Tinggi, h
 - c) Panjang, l
 dan menghitung:
 - a) Luas penampang, $F_n = b \times h$
 - b) Momen inersia, $I_{min} = \frac{1}{12} \times b^3 \times h$
 - c) Menentukan beban-beban yang bekerja pada struktur, yaitu beban mati (q_d), beban hidup (q_l) dan beban angin (q_w).
4. Menentukan gaya tekan yang terjadi, P_u .
5. Menentukan masing-masing kombinasi pembebanan berdasarkan Butir 2.4.2.2. Dari kombinasi-kombinasi tersebut diambil nilai maksimum sebagai beban merata, q_u .
6. Menghitung lendutan yang terjadi, $f_{max} = (5ql^4) / (384 E I_x)$ dan lendutan yang diijinkan berdasarkan Butir 2.8.2.
7. Menghitung syarat lendutan yaitu f_{max} harus lebih kecil atau sama dengan yang disyaratkan.
8. Menentukan faktor waktu (λ) berdasarkan Tabel 2.10, faktor tahanan (Φ) Tabel 2.11, dan faktor koreksi (C_i) berdasarkan Butir 2.6.3.
9. Menghitung syarat tahanan lentur, yaitu $M_u \leq \lambda\Phi_b M'$, dan syarat tahanan geser, yaitu $V_u \leq \lambda\Phi_v V'$.
10. Menghitung syarat tahanan tekan aksial, $P_u \leq \lambda\Phi_c P'$.
11. Menentukan perencanaan komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan tekan menurut RSNI T-02-2003 berdasarkan Butir 2.10.3.

$$\left(\frac{P_u}{\lambda\Phi_c P'} \right)^2 + \frac{M_{mx}}{\lambda\Phi_b M'_x} + \frac{M_{my}}{\lambda\Phi_b M'_y} \leq 1.0$$

$$M_{mx} = B_{bx} M_{bx} + B_{sx} M_{sx}$$

$$B_{bx} = \frac{C_{mx}}{\left(1 - \frac{P_u}{\Phi_c P_{ex}} \right)} \geq 1.0$$

$$M_{my} = B_{by} M_{by} + B_{sy} M_{sy}$$

$$B_{by} = \frac{C_{my}}{1 - \frac{P_u}{\Phi_c P_{ey}} - \left(\frac{M_{ux}}{\Phi_b M_e} \right)^2} \geq 1.0$$

12. Apabila salah satu persyaratan yang telah ditetapkan menurut RSNI T-02-2003 tidak dapat terpenuhi maka harus dilakukan perencanaan ulang.

3.5. Analisa Perbandingan Prosedur Perencanaan Antara RSNI T-02-2003 (RSNI) dengan PKKI 1961 NI-5 (PKKI)

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|---------------------|--|---|
| a. Kelas Kuat Kayu | Tidak ditinjau | Lembaga Pusat Penyelidikan Kehutanan membagi kekuatan kayu Indonesia menjadi lima kelas kuat, yaitu : a. Kelas kuat I b. Kelas kuat II c. Kelas kuat III d. Kelas kuat IV e. Kelas kuat V |
| b. Kelas Awet Kayu | Tidak ditinjau | Lembaga Penelitian Hasil Hutan membagi keawetan kayu di Indonesia dalam lima kelas awet, yaitu : a. Kelas awet I b. Kelas awet II c. Kelas awet III d. Kelas awet IV e. Kelas awet V |
| c. Berat Jenis Kayu | <p>Nilai berat jenis kayu (G) harus diambil pada kondisi kadar air 15% → G_{15}</p> <p>Berikut tahapan untuk memperoleh nilai G_{15} :</p> <p>a. Kerapatan ρ pada kondisi basah (berat dan volum diukur pada kondisi basah, tetapi kadar airnya lebih kecil dari 30%) dihitung dengan mengikuti prosedur baku. Gunakan satuan kg/m^3 untuk ρ.</p> <p>b. Kadar air, $m\%$ ($m < 30$), diukur dengan prosedur baku.</p> <p>c. Hitung berat jenis pada $m\%$ (G_m) dengan rumus : $G_m = \rho / [1.000(1+m/100)]$</p> <p>d. Hitung berat jenis dasar (G_b) dengan rumus : $G_b = G_m / [1+0,265aG_m]$</p> | <p>Nilai berat jenis (BD) kayu diambil pada kondisi kering udara. Pada umumnya kayu – kayu di Indonesia yang kering udara mempunyai kadar lengas antara 12 – 18% atau rata-rata 15%. Dan dalam hal ini angka-angka BD kayu dalam pengumuman-pengumuman Lembaga Pusat Penyelidikan Kehutanan (LPPK) didasarkan didalam kadar lengas 15%.</p> <p>Nilai BD kering udara (g/cm^3) telah ditabelkan dalam Lampiran 1 (Daftar Kayu Indonesia yang terpenting) sesuai dengan masing-masing jenis kayu.</p> |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|--------------------------------|--|----------------|
| c. Berat Jenis Kayu (lanjutan) | <p>Dengan $a=(30-m)/30$.</p> <p>e. Hitung berat jenis pada kadar air 15% (G_{15}) dengan rumus: $G_{15}=G_b/(1-0,133G_b)$.</p> | |
| d. Kekangan / Bresing Lateral | <p>Kekangan yang digunakan untuk mencegah rotasi / peralihan lateral ditentukan berdasarkan nilai perbandingan tinggi nominal terhadap tebal nominal, d/b, sebagai berikut :</p> <p>a. $d/b \leq 2$: tidak diperlukan pengekang lateral;</p> <p>b. $2 < d/b < 5$: posisi tumpuan-tumpuannya harus dikekang menggunakan kayu masif pada seluruh ketinggian balok;</p> <p>c. $5 \leq d/b < 6$: sisi tekan harus dikekang secara menerus sepanjang balok;</p> <p>d. $6 \leq d/b < 7$: pengekang penuh setinggi balok harus dipasang untuk setiap selang 2.400 mm kecuali bila kedua sisi tekan dan tarik dikekang secara bersamaan atau bila sisi tekan balok dikekang pada seluruh panjangnya oleh lantai dan pada tumpuan-tumpuannya diberikan pengekang lateral untuk mencegah rotasi ;</p> <p>e. $d/b \geq 7$: kedua sisi tekan dan tarik dikekang secara bersamaan pada seluruh panjangnya.</p> <p><u>Keterangan :</u></p> <p>b lebar balok, mm.</p> <p>d tinggi penampang balok (ukuran sisi yang lebih besar), mm.</p> | Tidak ditinjau |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|--|--|--|
| d. Kekangan Bresing Lateral (lanjutan) | Bresing lateral tidak diperlukan pada balok berpenampang bundar, bujur sangkar, atau persegi panjang yang mengalami lentur terhadap sumbu lemahnya saja. | Tidak ditinjau |
| e. Pembagian Kelas Mutu Kayu | A, B dan C | A dan B |
| f. Kriteria Pembagian Kelas Mutu Kayu | Berdasarkan Cacat Pada Kayu | <p>a) Besarnya mata kayu :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Terletak di muka lebar</u> $A \rightarrow 1/6$ lebar kayu. $B \rightarrow 1/4$ lebar kayu. $C \rightarrow 1/2$ lebar kayu. - <u>Terletak di muka sempit</u> $A \rightarrow 1/8$ lebar kayu. $B \rightarrow 1/6$ lebar kayu. $C \rightarrow 1/4$ lebar kayu. |
| | | <p>b) Besarnya retak :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Arah radial</u> $A \rightarrow \leq 1/4$ tebal kayu. $B \rightarrow \leq 1/3$ tebal kayu. - <u>Menurut lingkaran tumbuhan</u> $A \rightarrow \leq 1/5$ tebal kayu. $B \rightarrow \leq 1/4$ tebal kayu. <p>c) Miring arah serat $A \rightarrow \text{tg } \alpha \leq 1/13$ $B \rightarrow \text{tg } \alpha \leq 1/9$ $C \rightarrow \text{tg } \alpha \leq 1/6$</p> <p>d) Besarnya pingul $A \rightarrow \leq 1/10$ tebal atau lebar kayu. $B \rightarrow \leq 1/6$ tebal atau lebar kayu. $C \rightarrow \leq 1/4$ tebal atau lebar kayu.</p> <p>Catatan : pingul = wanvlak.</p> |

| Kriteria | | RSNI | PKKI |
|--|--|---|---|
| f. Kriteria Pembagian Kelas Mutu Kayu (lanjutan) | Berdasarkan Cacat Pada Kayu (lanjutan) | <p>e) Saluran damar</p> <p>A → ≤ 1/5 tebal kayu eksudasi tidak diperkenankan.</p> <p>B → ≤ 2/5 tebal kayu.</p> <p>C → ≤ 1/2 tebal kayu.</p> <p>f) Gubal</p> <p>A → Diperkenankan.</p> <p>B → Diperkenankan.</p> <p>C → Diperkenankan.</p> <p>g) Lubang serangga</p> <p>A → Diperkenankan asal terpencar & ukuran dibatasi & tidak ada tanda-tanda serangga hidup.</p> <p>B → Sama dengan mutu A.</p> <p>C → Sama dengan mutu A.</p> <p>h) Cacat lain (lapuk, hati rapuh, retak melintang)</p> <p>A → Tidak diperkenankan.</p> <p>B → Tidak diperkenankan.</p> <p>C → Tidak diperkenankan.</p> | Tidak ditinjau |
| | Berdasarkan Kadar Lengah | Tidak ditinjau | <p>A → Kering udara (12-18 %, rata – rata 15%)</p> <p>B → < 30 %</p> |

| Kriteria | | RSNI | PKKI |
|----------------------------|----------------------|--|---|
| g. Batas Ukuran Balok Kayu | | Tidak ditinjau | <p>Dalam struktur kayu rangka batang (<i>vakwerk</i>), harus mempunyai ukuran ≥ 4 cm, sedang luas tampang ≥ 32 cm².</p> <p>Apabila batang-batang itu terdiri dari lebih dari satu bagian, maka syarat-syarat tersebut berlaku untuk seluruh tampang.</p> <p><i>Catatan</i> : Untuk konstruksi dengan paku atau perekat, syarat-syarat tersebut tidak berlaku.</p> |
| h. Pembebanan | Macam Beban | a. D → beban mati. b. L → beban hidup. c. L _a → beban hidup di atap. d. H → beban hujan. e. W → beban angin. f. E → beban gempa | a. Muatan tetap b. Muatan tidak tetap c. Muatan angin <i>Catatan</i> : muatan = beban. |
| | Kombinasi Pembebanan | Setiap jenis beban yang dikombinasikan, dikalikan dengan faktor beban yang disesuaikan dengan masing-masing jenis kombinasi : a. 1,4D b. 1,2D + 1,6L + 0,5 (L _a atau H) c. 1,2D + 1,6 (L _a atau H) + (0,5L atau 0,8W) d. 1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5 (L _a atau H) e. 1,2D ± 1,0E + 0,5L f. 0,9D ± (1,3W atau 1,0E) | Pada dasarnya kombinasi pembebanan tidak terlalu dibahas. Akan tetapi dalam perencanaannya, beberapa kombinasi pembebanan mempunyai pengaruh berupa faktor sifat muatan terhadap tegangan yang diijinkan. Berikut kombinasi beban tersebut : a. Muatan tetap + muatan angin b. Muatan tetap + muatan tidak tetap Setiap muatan yang dikombinasikan memiliki faktor = 1 <i>Catatan</i> : muatan = beban. |

| Kriteria | | RSNI | PKKI |
|-------------------------------|----------------------|---|---|
| h. Pembebanan (lanjutan) | Kombinasi Pembebanan | <i>Pengecualian:</i> Faktor beban untuk L di dalam kombinasi beban pada (c), (d), dan (e) harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah dimana beban hidup lebih besar daripada 5 kPa. | |
| i. Modulus Elastisitas Lentur | | <p>Nilai modulus elastisitas lentur, E_w (MPa) diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan rumus estimasi: $E_w = 16.000G^{0,7}$</p> <p>G adalah berat jenis kayu pada kadar air 15%, $G = G_{15}$.</p> <p>Untuk kayu jati yang dipakai dalam contoh perhitungan, nilai $E_w = 12464,895$ MPa.</p> | <p>Nilai modulus kenyal kayu sejajar serat ($E_{//}$) didasarkan pada kelas kuat kayu. Dan berikut nilai $E_{//}$ tersebut :</p> <p>a. Kelas kuat I, $E_{//} = 125.000$ kg/cm².</p> <p>b. Kelas kuat II, $E_{//} = 100.000$ kg/cm².</p> <p>c. Kelas kuat III, $E_{//} = 80.000$ kg/cm².</p> <p>d. Kelas kuat IV, $E_{//} = 60.000$ kg/cm².</p> <p>Untuk kayu jati yang dipakai dalam contoh perhitungan, nilai $E_{//} = 100.000$ kg/cm².</p> |
| j. Nilai Rasio Tahanan | | <p>Untuk kayu dengan serat tidak lurus dan atau mempunyai cacat kayu, estimasi nilai modulus elastisitas lentur acuan dari hasil perhitungan rumus estimasi $E_w = 16.000G^{0,7}$ harus direduksi dengan mengikuti ketentuan pada SNI 03-3527-1994 UDC 691.11 Mutu kayu bangunan. Pereduksian dapat dilakukan dengan mengalikan estimasi nilai modulus elastisitas lentur acuan dengan nilai rasio tahanan yang bergantung pada kelas mutu kayu. Dan berikut</p> | <p>Dalam Tabel 2.4. diberikan angka-angka tegangan yang diperkenankan untuk bermacam-macam kayu bermutu A yang dipergunakan dalam konstruksi yang terlindung dan yang menahan muatan tetap (permanen). Untuk kayu bermutu B, angka-angka dari Tabel 2.4. harus digandakan dengan 0,75.</p> |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|-----------------------------------|---|--|
| j. Nilai Rasio Tahanan (lanjutan) | nilai rasio tahanan tersebut : a. Kelas mutu A → 0,80 b. Kelas mutu B → 0,63 c. Kelas mutu C → 0,50 | |
| k. Nilai Lendutan Maximum (f max) | <p><u>Untuk beban merata :</u> $f_{max} = (5ql^4) / (384 E I_x)$</p> <p><u>Keterangan :</u> q beban merata yang terjadi, yang diambil dari nilai kombinasi pembebanan yang terbesar, N/mm'. l panjang bentang, mm. E modulus elastisitas lentur. Untuk kayu dengan serat lurus dan atau tidak mempunyai cacat kayu, nilai $E=E_w$. Untuk kayu dengan serat tidak lurus dan atau mempunyai cacat kayu, nilai $E=E_w'$, dimana E_w' adalah nilai modulus elastisitas lentur (E_w) yang telah direduksi oleh nilai rasio tahanan, MPa. I_x momen inersia sumbu X, mm⁴.</p> <p><u>Untuk beban terpusat ditengah:</u> $f_{max} = (Pl^3) / (48 E I_x)$</p> <p><u>Keterangan :</u> P beban terpusat yang terjadi, yang diambil dari nilai kombinasi pembebanan yang terbesar, N. l panjang bentang, mm. E modulus elastisitas lentur. Untuk kayu dengan serat lurus dan atau tidak mempunyai cacat kayu, nilai $E=E_w$. Untuk kayu dengan serat tidak lurus dan atau mempunyai cacat kayu,</p> | <p><u>Untuk beban merata :</u> $f_{max} = (5ql^4) / (384 E I_x)$</p> <p><u>Keterangan :</u> q beban merata yang terjadi, yang diperoleh dari hasil penjumlahan semua macam beban yang terjadi, kg/cm'. l panjang bentang, cm. E modulus kenyal kayu sejajar serat ($E_{//}$). Dalam hal ini nilai $E = E_{//}$, kg/cm².</p> <p>I_x momen inersia sumbu X, mm⁴.</p> <p><u>Untuk beban terpusat ditengah:</u> $f_{max} = (Pl^3) / (48 E I_x)$</p> <p><u>Keterangan :</u> P beban terpusat yang terjadi, yang diperoleh dari hasil penjumlahan semua macam beban yang terjadi, kg. l panjang bentang, cm. E modulus kenyal kayu sejajar serat ($E_{//}$). Dalam hal ini nilai $E = E_{//}$, kg/cm².</p> |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|--|---|---|
| k. Nilai Lendutan Maximum (f max) (lanjutan) | <p>nilai $E=E_w'$, dimana E_w' adalah nilai modulus elastisitas lentur (E_w) yang telah direduksi oleh nilai rasio tahanan, MPa.</p> <p>I_x momen inersia sumbu X, mm^4.</p> | <p>I_x momen inersia sumbu X, mm^4.</p> |
| l. Batasan Lendutan | <p>Lendutan struktur bangunan akibat berat sendiri dan muatan tetap dibatasi sebagai berikut :</p> <p>a. Untuk balok-balok pada struktur bangunan yang terlindung, lendutan maksimum, $f_{max} \leq 1/300 l$.</p> <p>b. Untuk balok-balok pada struktur bangunan yang tidak terlindung, lendutan maksimum $f_{max} \leq 1/400 l$.</p> <p>c. Untuk balok-balok pada konstruksi kuda-kuda, antara lain gording dan kasau, lendutan maksimum, $f_{max} \leq 1/200 l$.</p> <p>d. Untuk struktur rangka batang yang tidak terlindung, lendutan maksimum, $f_{max} \leq 1/700 l$.</p> <p>Yang mana l adalah panjang bentang bersih.</p> | <p>Dengan mengakibatkan pergeseran pada tempat-tempat sambungan, lendutan pada sesuatu struktur akibat berat sendiri dan muatan tetap dibatasi sebagai berikut :</p> <p>a. Untuk balok yang dipergunakan pada konstruksi yang terlindung: $f_{max} \leq 1/300 l$.</p> <p>b. Untuk balok yang dipergunakan pada konstruksi yang tidak terlindung: $f_{max} \leq 1/400 l$.</p> <p>c. Untuk balok pada konstruksi kuda-kuda seperti gording , kasau, dsb: $f_{max} \leq 1/200 l$.</p> <p>d. Untuk konstruksi rangka batang yang tidak terlindung : $f_{max} < 1/700 l$.</p> <p><u>Keterangan :</u> f = lendutan, cm. l = jarak bentang, cm.</p> |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|-------------------|--|--|
| m. Faktor Koreksi | <p>a. Faktor waktu (λ) : Tergantung dari kombinasi pembebanan yang digunakan. Berikut klasifikasinya :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $1,4D$ $\lambda = 0,6$ 2) $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$ $\lambda = 0,7$ jika L dari gudang. $\lambda = 0,8$ jika L dari ruangan umum. $\lambda = 1,25$ jika L dari kejut <i>Catatan</i> : untuk sambungan, $\lambda = 1,0$ jika L dari kejut. 3) $1,2D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (0,5L \text{ atau } 0,8W)$ $\lambda = 0,8$ 4) $1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$ $\lambda = 1,0$ 5) $1,2D \pm 1,0E + 0,5L$ $\lambda = 1,0$ 6) $0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E)$ $\lambda = 1,0$ | <p>a. Faktor sifat muatan (γ) : Tegangan yang diperkenankan boleh digandakan dengan faktor 5/4.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Untuk bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin. 2) Untuk bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan tidak tetap. |
| | <p>b. Faktor koreksi temperatur (C_t) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Untuk kondisi acuan F_t, E. Kadar air pada masa layan basah atau kering. <ul style="list-style-type: none"> - $T \leq 38^{\circ}C$ $C_t = 1,0$ - $38^{\circ}C < T \leq 52^{\circ}C$ $C_t = 0,9$ - $52^{\circ}C < T \leq 65^{\circ}C$ $C_t = 0,9$ | <p>b. Faktor lingkungan (β) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) faktor 2/3 <ul style="list-style-type: none"> - Untuk konstruksi yang selalu terendam dalam air. - Untuk bagian konstruksi yang tidak terlindungi, dan kemungkinan besar kadar lengas kayu akan selalu tinggi. |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|------------------------------|---|--|
| m. Faktor Koreksi (lanjutan) | <p>2) Untuk kondisi acuan F_b, F_C, F_V, $F_{C\perp}$. Kadar air pada masa layan kering.</p> <ul style="list-style-type: none"> - $T \leq 38^{\circ}C$ $C_t = 1,0$ - $38^{\circ}C < T \leq 52^{\circ}C$ $C_t = 0,8$ - $52^{\circ}C < T \leq 65^{\circ}C$ $C_t = 0,7$ <p>3) Untuk kondisi acuan F_b, F_C, F_V, $F_{C\perp}$. Kadar air pada masa layan basah.</p> <ul style="list-style-type: none"> - $T \leq 38^{\circ}C$ $C_t = 1,0$ - $38^{\circ}C < T \leq 52^{\circ}C$ $C_t = 0,7$ - $52^{\circ}C < T \leq 65^{\circ}C$ $C_t = 0,5$ | <p>2) faktor 5/6</p> <p>Untuk konstruksi yang tidak terlindungi, tetapi kayu tersebut dapat mengering dengan cepat</p> |
| | <p>c. Faktor tahanan (Φ) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Tekan (Φ_C) = 0,90 2) Lentur (Φ_b) = 0,85 3) Stabilitas (Φ_s) = 0,85 4) Tarik (Φ_t) = 0,80 5) Geser/puntir (Φ_v) = 0,75 6) Sambungan = 0,65 <p>d. Faktor koreksi layan basah (C_M) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Balok kayu : <ul style="list-style-type: none"> - $F_b = 0,85^*$ - $F_t = 1,00$ - $F_V = 0,97$ - $F_{C\perp} = 0,67$ - $F_C = 0,8^{**}$ - $E = 0,90$ 2) Balok kayu besar (125mm x 125 mm atau lebih besar) : <ul style="list-style-type: none"> - $F_b = 1,00$ - $F_t = 1,00$ - $F_V = 1,00$ - $F_{C\perp} = 0,67$ | <p>c. Faktor mutu kayu (α) :</p> <p>Untuk kayu yang bermutu A, nilai $\alpha = 1$. Untuk kayu yang bermutu B, nilai $\alpha = 0,75$.</p> |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|-------------------------------------|---|------|
| <p>m. Faktor Koreksi (lanjutan)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - $F_C = 0,91$ - $E = 1,00$ <p>3) Lantai papan kayu :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $F_b = 0,85^*$ - $F_t = -$ - $F_V = -$ - $F_{C\perp} = 0,67$ - $F_C = -$ - $E = 0,90$ <p>4) Glulam (kayu laminasi struktural) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $F_b = 0,80$ - $F_t = 0,80$ - $F_V = 0,87$ - $F_{C\perp} = 0,53$ - $F_C = 0,73$ - $E = 0,83$ <p>* Untuk $(F_b) / (C_F) \leq 8$ MPa, $C_M = 1,0$.</p> <p>** Untuk $(F_C) / (C_F) \leq 5$ MPa, $C_M = 1,0$.</p> <p>e. Faktor koreksi ukuran (C_F) Faktor koreksi ukuran, untuk memperhitungkan pengaruh dimensi komponen struktur sesuai dengan tata cara yang berlaku; untuk kayu yang mutunya ditetapkan secara masinal $C_F = 1$.</p> <p>f. Faktor koreksi Stabilitas balok (C_L) :</p> $M_e = 2,40E'y_{05} \frac{I_y}{l_e}$ $\alpha_b = \frac{\phi_s M_e}{\lambda \phi_b M_x^*}$ $C_L = \frac{1 + \alpha_b}{2c_b} - \sqrt{\left(\frac{1 + \alpha_b}{2c_b}\right)^2 - \frac{\alpha_b}{c_b}}$ | |

| Kriteria | RSNI | PKKI | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--|---|--------------|-------------------|---------------|-------------------|----------------|------------------|---------------|------------------|--------------|-----------------|------|-------------------|
| m. Faktor Koreksi (lanjutan) | <p>S_x modulus penampang untuk lentur terhadap sumbu kuat (x-x);</p> <p>M_x^* tahanan lentur untuk lentur terhadap sumbu kuat (x-x) dikalikan dengan semua faktor koreksi kecuali C_{fu}, C_V, dan C_L; $C_b = 0,95$;</p> <p>Φ_s 0,85 faktor tahanan stabilitas;</p> <p>M_e momen tekuk lateral elastis.</p> <p>Nilai l_e untuk penampang persegi panjang masif telah ditabelkan pada Tabel 3.2.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| n. Cek Lentur | <p style="text-align: center;">Lentur</p> <p>Tahanan lentur berupa nilai kuat acuan (MPa), yaitu kuat lentur (F_b) yang berdasarkan atas modulus elastisitas lentur (E_w) pada kadar air 15%. Setiap nilai E_w akan memiliki kode mutu.</p> <p>Untuk kayu jati yang dipakai dalam contoh perhitungan, nilai $E_w = 12464,895$ Mpa \rightarrow kode mutu E13</p> <p>Nilai $F_b = 19,944$ MPa (Tabel 2.6.)</p> | <p>Tegangan lentur berupa nilai tegangan yang diperkenankan ($\bar{\sigma}_{lt}$), yang ditentukan oleh kelas kuat kayu. Berikut adalah nilai-nilai dari $\bar{\sigma}_{lt}$ (kg/cm²) :</p> <table style="margin-left: 20px;"> <tr><td>Kelas kuat I</td><td>\rightarrow 150</td></tr> <tr><td>Kelas kuat II</td><td>\rightarrow 100</td></tr> <tr><td>Kelas kuat III</td><td>\rightarrow 75</td></tr> <tr><td>Kelas kuat IV</td><td>\rightarrow 50</td></tr> <tr><td>Kelas kuat V</td><td>\rightarrow -</td></tr> <tr><td>Jati</td><td>\rightarrow 130</td></tr> </table> <p>(<i>Tectonagrandis</i>)</p> <p>Khusus untuk kayu jati diberikan kedudukan istimewa dengan menaikkan tegangan-tegangan yang diperkenankan. Hal ini dimaksudkan agar penggunaan kayu jati didalam konstruksi-konstruksi dapat dihemat oleh karena kayu jati itu dapat diekspor.</p> | Kelas kuat I | \rightarrow 150 | Kelas kuat II | \rightarrow 100 | Kelas kuat III | \rightarrow 75 | Kelas kuat IV | \rightarrow 50 | Kelas kuat V | \rightarrow - | Jati | \rightarrow 130 |
| Kelas kuat I | \rightarrow 150 | | | | | | | | | | | | | |
| Kelas kuat II | \rightarrow 100 | | | | | | | | | | | | | |
| Kelas kuat III | \rightarrow 75 | | | | | | | | | | | | | |
| Kelas kuat IV | \rightarrow 50 | | | | | | | | | | | | | |
| Kelas kuat V | \rightarrow - | | | | | | | | | | | | | |
| Jati | \rightarrow 130 | | | | | | | | | | | | | |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|----------------------------|---|--|
| . Cek Lentur (lanjutan) | <p style="text-align: center;">$M_u \leq \lambda \phi_b M'$</p> <p>$M_u = 1/8 q l^2$ $M' = F_b \times S_X \times C_i$, dimana $S_X = 1/6 \times b \times d$</p> <p><u>Keterangan :</u> M_u momen terfaktor, Nmm. λ faktor waktu . ϕ_b faktor tahanan. lentur = 0,85 M' tahanan lentur Terkoreksi, Nmm. F_b kuat lentur, MPa. S_X modulus penampang untuk lentur terhadap sumbu kuat (x-x), mm³. b lebar balok, mm. d tinggi penampang balok (ukuran sisi yang lebih besar), mm. q beban merata yang terjadi, yang diambil dari nilai kombinasi pembebanan yang terbesar, N/mm'. l panjang bentang, mm. C_i faktor-faktor koreksi.</p> | <p style="text-align: center;">$\sigma_{lt//} \leq \bar{\sigma}_{lt//} \gamma \beta \alpha$</p> <p>$M_{max} = 1/8 q l^2$ $W_n = 1/6 b d^2$ $\sigma_{lt} = M_{max} / W_n$</p> <p><u>Keterangan :</u> $\sigma_{lt//}$ tegangan lentur yang terjadi, kg/cm². $\bar{\sigma}_{lt//}$ tegangan lentur yang diperkenankan, kg/cm². γ faktor sifat muatan. β faktor lingkungan. α faktor mutu kayu. b lebar balok, cm. d tinggi penampang balok (ukuran sisi yang lebih besar), cm. q beban merata yang terjadi, yang diperoleh dari hasil penjumlahan semua macam beban yang terjadi, kg/cm' M_{max} momen maximum yang terjadi, kgcm. W_n momen penahan, cm³. l jarak bentang, cm.</p> |
| o. Cek Geser | <p style="text-align: center;">Geser</p> <p>Tahanan geser berupa nilai kuat acuan (MPa), yaitu kuat geser (F_v) yang berdasarkan atas modulus elastisitas lentur (E_w) pada kadar air 15%. Setiap nilai E_w akan memiliki kode mutu.</p> <p>Untuk kayu jati yang dipakai dalam contoh perhitungan, nilai $E_w = 12464,895$ Mpa → kode mutu E13 Nilai $F_v = 4,494$ MPa (Tabel 2.6.)</p> | <p>Tegangan lentur berupa nilai tegangan yang diperkenankan ($\bar{\tau}_{//}$), yang ditentukan oleh kelas kuat kayu. Berikut adalah nilai-nilai dari $\bar{\tau}_{//}$ (kg/cm²) :</p> <p>Kelas kuat I → 20 Kelas kuat II → 12 Kelas kuat III → 8 Kelas kuat IV → 5 Kelas kuat V → - Jati → 15 (<i>Tectonagrandis</i>)</p> <p>Khusus untuk kayu jati diberikan kedudukan istimewa dengan menaikkan tegangan-tegangan yang diperkenankan.</p> |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|-------------------------|--|---|
| o. Cek Geser (lanjutan) | Geser (lanjutan) | Hal ini dimaksudkan agar penggunaan kayu jati didalam konstruksi-konstruksi dapat dihemat oleh karena kayu jati itu dapat diekspor. |
| | <p style="text-align: center;">$V_u \leq \lambda \phi_v V'$</p> <p>$V_u = 1/2 q l$ $V' = F_v \times 2/3 \times b \times d \times C_i$</p> <p><u>Keterangan :</u> V_u gaya geser terfaktor, N. λ faktor waktu (berdasarkan kondisi pembebanan). ϕ_v faktor tahanan geser = 0,75. V' tahanan geser Terkoreksi, N. F_v kuat geser, MPa. b lebar balok, mm. d tinggi penampang balok (ukuran sisi yang lebih besar), mm. q beban merata yang terjadi, yang diambil dari nilai kombinasi pembebanan yang terbesar, N/mm'. l panjang bentang, mm. C_i faktor-faktor koreksi.</p> | <p style="text-align: center;">$\tau_{//} \leq \overline{\tau_{//}} \gamma \beta \alpha$</p> <p>$V_{max} = 1/2 q l$ $\tau_{//} = 3/2 (V_{max} / b d)$</p> <p><u>Keterangan :</u> $\tau_{//}$ tegangan geser yang terjadi, kg/cm². $\overline{\tau_{//}}$ tegangan geser yang diperkenankan, kg/cm². γ faktor sifat muatan. β faktor lingkungan . α faktor mutu kayu b lebar balok, cm. d tinggi penampang balok (ukuran sisi yang lebih besar), cm. q beban merata yang terjadi, yang diperoleh dari hasil penjumlahan semua macam beban yang terjadi, kg/cm'. V_{max} geser maximum yang terjadi, kg. l jarak bentang, cm.</p> |

| Kriteria | | RSNI | PKKI |
|---------------------|-------------------------|---|--|
| p. Cek Aksial Tarik | Aksial Tarik | <p>Tahanan tarik berupa nilai kuat acuan (MPa), yaitu kuat tarik sejajar serat (F_t) yang berdasarkan atas modulus elastisitas lentur (E_w) pada kadar air 15%. Setiap nilai E_w akan memiliki kode mutu.</p> <p>Untuk kayu jati yang dipakai dalam contoh perhitungan, nilai $E_w = 12464,895$ Mpa \rightarrow kode mutu E13</p> <p>Nilai $F_t = 18,9$ MPa (Tabel 2.6.)</p> | <p>Tegangan tarik berupa nilai tegangan yang diperkenankan ($\bar{\sigma}_{tr//}$), yang ditentukan oleh kelas kuat kayu. Berikut adalah nilai-nilai dari $\bar{\sigma}_{tr//}$ (kg/cm^2):</p> <p>Kelas kuat I $\rightarrow 130$ Kelas kuat II $\rightarrow 85$ Kelas kuat III $\rightarrow 60$ Kelas kuat IV $\rightarrow 45$ Kelas kuat V $\rightarrow -$ Jati $\rightarrow 110$ (<i>Tectonagrandis</i>)</p> <p>Khusus untuk kayu jati diberikan kedudukan istimewa dengan menaikkan tegangan-tegangan yang diperkenankan. Hal ini dimaksudkan agar penggunaan kayu jati didalam konstruksi-konstruksi dapat dihemat oleh karena kayu jati itu dapat diekspor.</p> |
| | Persyaratan Untuk Tarik | $T_u \leq \lambda \phi_t T'$ <p>$T' = T C_1 C_2 \dots C_n$</p> <p><u>Keterangan :</u></p> <p>T_u gaya tarik terfaktor, N. λ faktor waktu (berdasarkan kondisi pembebanan). ϕ_t faktor tahanan tarik = 0,80. T' tahanan tarik Terkoreksi, N. F_t kuat tarik sejajar serat, MPa. b lebar balok, mm. d tinggi penampang balok (ukuran sisi yang lebih besar), mm.</p> | Tidak ditinjau |

| Kriteria | | RSNI | PKKI |
|--------------------------------|-------------------------|---|---|
| p. Cek Aksial Tarik (lanjutan) | Persyaratan Untuk Tarik | <p>q beban merata yang terjadi, yang diambil dari nilai kombinasi pembebanan yang terbesar, N/mm'.</p> <p>l panjang bentang, mm.</p> <p>C_i faktor-faktor koreksi.</p> | |
| q. Cek Aksial Tekan | Aksial Tekan | <p>Tahanan tekan berupa nilai kuat acuan (MPa), yaitu kuat tekan sejajar serat (F_c) yang berdasarkan atas modulus elastisitas lentur (E_w) pada kadar air 15%. Setiap nilai E_w akan memiliki kode mutu.</p> <p>Untuk kayu jati yang dipakai dalam contoh perhitungan, nilai E_w = 12464,895 Mpa → kode mutu E13</p> <p>Nilai F_c = 24,97 MPa (Tabel 2.6.)</p> | <p>Tegangan tekan berupa nilai tegangan yang diperkenankan ($\bar{\sigma}_{tk//}$), yang ditentukan oleh kelas kuat kayu. Berikut adalah nilai-nilai dari $\bar{\sigma}_{tk//}$ (kg/cm²) :</p> <p>Kelas kuat I → 130</p> <p>Kelas kuat II → 85</p> <p>Kelas kuat III → 60</p> <p>Kelas kuat IV → 45</p> <p>Kelas kuat V → -</p> <p>Jati → 110</p> <p>(<i>Tectonagrandis</i>)</p> <p>Khusus untuk kayu jati diberikan kedudukan istimewa dengan menaikkan tegangan-tegangan yang diperkenankan. Hal ini dimaksudkan agar penggunaan kayu jati didalam konstruksi-konstruksi dapat dihemat oleh karena kayu jati itu dapat diekspor.</p> |
| | Persyaratan Untuk Tekan | $P_u \leq \lambda \phi_c P'$ <p>P' = P C₁ C₂ ... C_n</p> <p><u>Keterangan :</u></p> <p>P_u gaya tekan terfaktor, N.</p> <p>λ faktor waktu (berdasarkan kondisi pembebanan).</p> | Tidak ditinjau |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|--------------------------------|--|--|
| q. Cek Aksial Tekan (lanjutan) | <p>Persyaratan Untuk Tekan (lanjutan)</p> <p>ϕ_c faktor tahanan tekan = 0,90.</p> <p>P' tahanan tekan Terkoreksi, N.</p> <p>F_c kuat tekan sejajar serat, MPa.</p> <p>$F_{c\perp}$ kuat tekan tegak lurus serat, MPa.</p> <p>b lebar balok, mm.</p> <p>d tinggi penampang balok (ukuran sisi yang lebih besar), mm.</p> <p>q beban merata yang terjadi, yang diambil dari nilai kombinasi pembebanan yang terbesar, N/mm'.</p> <p>l panjang bentang, mm.</p> <p>C_i faktor-faktor koreksi.</p> | |
| r. Cek Kombinasi Lentur+Tarik | <p>Persyaratan Untuk Kombinasi Lentur+Tarik</p> <p>Sisi tarik:</p> $\frac{T_u}{\lambda\Phi_t T'} + \frac{M_{ux}}{\lambda\Phi_b M'_s} + \frac{M_{uy}}{\lambda\Phi_b M'_y} \leq 1.0$ <p>Sisi tekan:</p> $\frac{\left(M_{ux} - \frac{d}{6} T_u\right)}{\lambda\Phi_b M'_x} + \frac{M_{uy}}{\lambda\Phi_b M'_y \left(1 - \frac{M_{ux}}{\Phi_b M_c}\right)^2} \leq 1.0$ <p>Interaksi pada sisi tekan tanpa adanya gaya tarik aksial: Persamaan sisi tekan, tetapi nilai $T_u = 0$</p> <p><u>Keterangan:</u> T_u Gaya tarik terfaktor, N M_{ux}, M_{uy} Momen lentur terfaktor terhadap sumbu kuat dan sumbu lemah, N-mm</p> | $\sigma_{tr//} = \frac{S_{tr}}{F_n} + \phi 1 \frac{M_{max}}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{tr//}$ <p><u>Keterangan:</u> $\phi 1 = \bar{\sigma}_{tr//} / \bar{\sigma}_{lt//}$ σ tegangan S_{tr} gaya tarik F_n luas penampang netto M_{max} momen W_n momen penahan netto</p> |

| Kriteria | | RSNI | PKKI |
|--|---|--|--|
| r. Cek Kombinasi Lentur+Tarik (lanjutan) | Persyaratan Untuk Kombinasi Lentur+Tarik (lanjutan) | <p>M'_x, M'_y Tahanan lentur terkoreksi terhadap sumbu kuat dan sumbu lemah, dengan memperhatikan pengekan lateral yang ada, N-mm</p> <p>M_e Momen tekuk lateral elastis, N-mm</p> <p>M'_s, M'_x Yang dihitung menggunakan faktor stabilitas balok, C_L, sama dengan satu dan dengan memperhitungkan faktor volume, C_v, N-mm</p> <p>λ Faktor waktu</p> <p>$\Phi_t = 0,80$ Faktor tahanan tarik sejajar serat</p> <p>$\Phi_b = 0,85$ Faktor tahanan lentur</p> | |
| s. Cek Kombinasi Lentur+Tekanan | Persyaratan Untuk Kombinasi Lentur+Tarik | $\left(\frac{P_u}{\lambda \Phi_c P'} \right)^2 + \frac{M_{mx}}{\lambda \Phi_b M'_x} + \frac{M_{my}}{\lambda \Phi_b M'_y} \leq 1.0$ <p><u>Keterangan:</u> P_u Gaya tekan aksial terfaktor, N P' Tahanan tekan terkoreksi untuk tekuk terhadap sumbu lemah, apabila beban yang bekerja adalah gaya tekan murni, N M_{mx}, M_{my} Momen terfaktor, termasuk pengaruh orde kedua, masing-masing terhadap sumbu kuat dan sumbu lemah, N-mm M'_x, M'_y Tahanan lentur terkoreksi, terhadap</p> | $\sigma_{tk//} = \frac{S_{tk} \omega}{F_{br}} + \phi 2 \frac{M_{max}}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{tk//}$ <p><u>Keterangan:</u> $\phi 2$ $\bar{\sigma}_{tk//} / \bar{\sigma}_{lt//}$ S_{tk} gaya tekan F_{br} luas penampang bruto</p> |

| Kriteria | | RSNI | PKKI |
|--|---|--|---|
| s. Cek Kombinasi Lentur+Tekan (lanjutan) | Persyaratan Untuk Kombinasi Lentur+Tarik (lanjutan) | sumbu kuat dan sumbu lemah, dengan memperhatikan pengekang lateral yang ada, dari persamaan-persamaan dalam komponen struktur tarik dengan $C_b = 1.0$, N-mm | |
| t. Konsep Perencanaan | | <p><i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i></p> <p>Dalam <i>Load and Resistance Factor Design (LRFD)</i>, kuat nominal bahan / struktur akan dikalikan dengan suatu faktor reduksi, sehingga dihasilkan nilai kuat rencana. Nilai kuat rencana tersebut harus lebih besar atau sama dengan nilai beban rencana yang dikalikan dengan faktor beban yang sesuai dengan kombinasi pembebanan. Dan berikut ini adalah perumusannya :</p> $\sum \gamma_i Q_i \leq \Phi R_n$ <p>γ_i = faktor beban. Q_i = beban rencana. Φ = faktor reduksi (tergantung pada gaya-gaya yang bekerja). R_n = kuat nominal bahan / struktur.</p> <p>Bagian kiri pertidaksamaan menunjukkan Beban Rencana yang bekerja (gaya luar), sedangkan bagian kanan menunjukkan Kuat Rencana struktur yang dipergunakan.</p> | <p><i>Allowable Strength Design (ASD)</i></p> <p>Dalam <i>Allowable Strength Design (ASD)</i>, kuat nominal / tegangan dibagikan dengan suatu <i>safety factor</i> / angka keamanan, sehingga dihasilkan nilai tegangan ijin. Nilai tegangan ijin tersebut harus lebih besar atau sama dengan nilai tegangan yang terjadi. Dan berikut ini adalah perumusannya :</p> <p>Tegangan yang terjadi (σ_{terj}) \leq Tegangan Ijin ($\bar{\sigma}$)</p> |

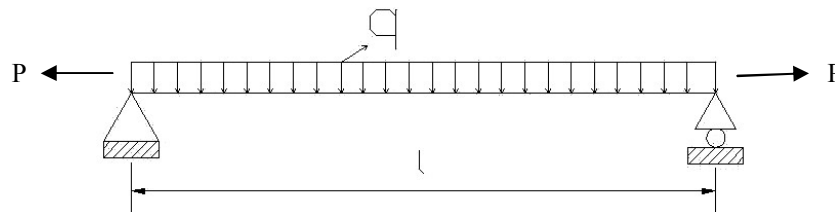
3.6. Contoh Perhitungan Kombinasi Lentur dan Tarik

3.6.1. Balok Tunggal Ukuran 10/20 dan Bentang 4 Meter

Sebuah balok tunggal yang berada di atas 2 perletakan sederhana (*simply supported*), menerima beban merata yang berupa beban mati ($14 \text{ kg/m}'$), beban hidup ($100 \text{ kg/m}'$) dan beban angin ($25 \text{ kg/m}'$). Beban terpusat aksial tekan sebesar 2 t. Balok tersebut mempunyai ukuran 10/20 dan bentang 4 m. Jenis kayunya adalah kayu Jati, dan kayu tersebut memiliki cacat kayu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mata kayu pada muka lebarnya sebesar 0,9 cm.
- Terdapat retak sebesar 1,3 cm.
- Terdapat pingul sebesar 0,7 cm.
- Miring arah serat ($\tan \alpha = 1/17$).
- Terdapat saluran damar sebesar 1,4 cm.

Balok tunggal tersebut berada pada konstruksi yang terlindung dan memiliki suhu sebesar 25°C (kering). Apakah balok tersebut kuat untuk menahan beban yang diterimanya ?



Gambar 3.3. Balok tunggal yang dibebani oleh kombinasi beban merata (q) dan gaya aksial tarik (P)

PEMBAHASAN :

Data Balok Terlentur :

| | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------|
| Jenis kayu | = Jati. | |
| Kelas kuat | = II | (Lampiran 1) |
| Berat jenis (BD), kadar air 15% | = $0,7 \text{ g/cm}^3$. | (Lampiran 1) |
| Jarak bentang (l) | = 400 cm. | |
| Lebar balok (b) | = 10 cm. | |
| Tinggi balok (d) | = 20 cm. | |

d/b = 2
 Kelas mutu kayu = A. (Tabel 2.1.)
 Elemen dipergunakan pada = Konstruksi yang terlindung.
 Suhu pada konstruksi = 25⁰ C (kering).

Beban Yang Bekerja :

Beban mati (qd) = 0,14 kg/cm'
 Beban hidup (ql) = 1 kg/cm'
 Beban angin (qw) = 0,25 kg/cm' +
 Beban total (q) = 1,39 kg/cm'

| | RSNI | PKKI |
|----------------------|---|---|
| Kombinasi Pembebanan | 1. 1,4 D = 0,196 N/mm' 2. 1,2D+1,6L+0,5La = 1,768 N/mm' 3. 1,2D+1,6L+0,5H = 1,768 N/mm' 4. 1,2D+1,6La+0,5L = 0,668 N/mm' 5. 1,2D+1,6La+0,8W = 0,368 N/mm' 6. 1,2D+1,6H+0,5L = 0,668 N/mm' 7. 1,2D+1,6H+0,8W = 0,368 N/mm' 8. 1,2D+1,3W+0,5L+0,5La = 0,993 N/mm' 9. 1,2D+1,3W+0,5L+0,5H = 0,993 N/mm' 10. 1,2D+1,0E+0,5L = 0,668 N/mm' 11. 1,2D-1,0E+0,5L = 0,668 N/mm' 12. 0,9D+1,3W = 0,451 N/mm' 13. 0,9D-1,3W = -0,199 N/mm' 14. 0,9D+1,0E = 0,126 N/mm' 15. 0,9D-1,0E = 0,126 N/mm' Pilih q = 0,993 N/mm' | Berikut kombinasi beban tersebut : c. Muatan tetap + muatan angin d. Muatan tetap + muatan tidak tetap Setiap muatan yang dikombinasikan memiliki faktor = 1 Catatan : muatan = beban. qd = 0,14 kg/cm' ql = 1 kg/cm' qw = <u>0,25 kg/cm'</u> + q = 1,39 kg/cm' |

| | RSNI | PKKI |
|-----------------------|--|--|
| Nilai Kuat Acuan | $E_w = 16.000 \times G^{0,7}$ $= 16.000 \times 0,7^{0,7}$ $= 12464,895 \text{ MPa} \rightarrow \text{E13}$ (Tabel 2.6.) $E_w' = E_w \times \text{nilai rasio tahanan}$ $= 12464,895 \times 0,8$ $= 9971,916 \text{ MPa}$ $F_b = 19,944 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) $F_v = 4,494 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) $F_t = 18,9 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) | Tidak ditinjau |
| Cek Lendutan | $E_w' = 9971,916 \text{ MPa}$ $I_x = 1/12 \times b \times d^3$ $= 1/12 \times 100 \times 200^3$ $= 66666666,667 \text{ mm}^4$ $f_{\max} = (5ql^4) / (384 E_w' I_x)$ $= \frac{(5 \times 1,39 \times 4000^4)}{(384 \times 9971,916 \times 66666666,667)}$ $= 6,97 \text{ mm}$ Syarat : $f_{\max} \leq 1 / 300$ $6,97 \leq 4000 / 300$ $6,97 \text{ mm} \leq 13,33 \text{ mm} \rightarrow \text{(OK)}$ (Butir 2.8.2.) | $E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$ $I_x = 1/12 \times b \times d^3$ $= 1/12 \times 10 \times 20^3$ $= 6666,667 \text{ cm}^4$ $f_{\max} = (5ql^4) / (384 E I_x)$ $= \frac{(5 \times 1,39 \times 400^4)}{(384 \times 10^5 \times 6666,667)}$ $= 0,693 \text{ cm}$ Syarat : $f_{\max} \leq 1 / 300$ $0,693 \leq 400 / 300 \text{ (m)}$ $0,693 \text{ cm} \leq 1,333 \text{ cm} \rightarrow \text{(OK)}$ (Butir 2.8.1.) |
| Faktor-Faktor Koreksi | 1. Faktor tahanan (Φ) : (Tabel 2.11.) a. Lentur (Φ_b) = 0,85 b. Stabilitas (Φ_s) = 0,85 c. Geser / Puntir (Φ_v) = 0,75 2. Faktor waktu (λ) = 1 (Tabel 2.10.) - Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah : $1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_a \text{ atau } H)$. 3. Faktor koreksi layan basah (C_M) : (Tabel 2.12.) \rightarrow Untuk balok kayu besar. a. Untuk $F_b = 1$ b. Untuk $F_v = 1$ c. Untuk $E = 1$ | 1. Faktor lingkungan (β)= 1 - Untuk konstruksi yang terlindung (Butir 2.5.2.) 2. Faktor sifat muatan (γ)= 1 - Konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin. (Butir 2.5.1.) 3. Faktor mutu Kayu (α) = 1 - Kelas mutu kayu A (Butir 2.5.3.) |

| | RSNI | PKKI |
|----------------------------------|---|------|
| Faktor-Faktor Koreksi (Lanjutan) | <p>4. Faktor koreksi temperatur (C_t) : (Tabel 2.13.) $\rightarrow 25^{\circ}\text{C} < 38^{\circ}\text{C}$, kondisi kering.</p> <p>a. Untuk $F_b = 1$ b. Untuk $F_v = 1$ c. Untuk $E = 1$</p> <p>5. Faktor koreksi ukuran (C_F) $= 1$</p> <p>6. Faktor koreksi stabilitas balok (C_L) : $l_u / d = 4000 / 200 = 20$ \rightarrow karena $20 > 14,3$, maka rumus $l_e = 1,63l_u + 3d$. $l_e = (1,63 \times 4000) + (3 \times 200)$ $= 7120 \text{ mm}$ $C_b = 0,95$ $E_{y05} = 9971,916 \text{ MPa}$ $E'_{y05} = 9971,916 \times C_M \times C_t$ $= 9971,916 \times 1 \times 1$ $= 9971,916 \text{ MPa}$ $I_y = 1/12 \times d \times b^3$ $= 1/12 \times 200 \times 100^3$ $= 16666666,67 \text{ mm}^4$ $M_e = 2,4 E'_{y05} (I_y / l_e)$ $= 2,4 \times 9971,916 \times$ $(16666666,67 / 7120)$ $= 56021998,21 \text{ Nmm}$ $S_x = 1/6 \times b \times d^2$ $= 1/6 \times 100 \times 200^2$ $= 666666,667 \text{ mm}^3$ $M_x^* = F_b \times S_x \times C_M \times C_t \times C_F$ $= 19,944 \times 666666,667 \times 1 \times$ 1×1 $= 13295887,58 \text{ Nmm}$ $\alpha_b = (\Phi_s M_e) / (\lambda \Phi_b M_x^*)$ $= \frac{(0,85 \times 56021998,21)}{(1 \times 0,85 \times 13296000)}$ $= 4,213$</p> $C_L = \frac{1 + \alpha_b}{2c_b} - \sqrt{\left(\frac{1 + \alpha_b}{2c_b}\right)^2 - \frac{\alpha_b}{c_b}}$ | |

| | RSNI | PKKI |
|----------------------------------|--|---|
| Faktor-Faktor Koreksi (Lanjutan) | $= \frac{1+4,213}{2 \times 0,95} - \sqrt{\left(\frac{1+4,213}{2 \times 0,95}\right)^2 - \frac{4,213}{0,95}}$ $C_L = 0,985$ | |
| Cek Lentur | <p><u>Tahanan Lentur (Momen) :</u></p> $M_u = 1/8 \times q \times l^2$ $= 1/8 \times 0,993 \times 4000^2$ $= 1986000 \text{ Nmm}$ $M' = F_b \times S_x \times C_M \times C_t \times C_F \times C_L$ $= 19,944 \times 666666,667 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,985$ $= 13096115,06 \text{ Nmm}$ <p>Syarat :</p> $M_u \leq \lambda \Phi_b M'$ $1986000 \leq 1 \times 0,85 \times 13096115,06$ $1986000 \text{ Nmm} \leq 11131697,80 \text{ Nmm} \rightarrow \text{(OK)}$ <p><u>Tahanan Geser :</u></p> $V_u = 1/2 \times q \times l$ $= 1/2 \times 0,993 \times 4000$ $= 1986 \text{ N}$ $V' = F_v \times 2/3 \times b \times d \times C_M \times C_t \times C_F \times C_L$ $= 4,494 \times 2/3 \times 100 \times 200 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,985$ $= 59024,73 \text{ N}$ <p>Syarat :</p> $V_u \leq \lambda \Phi_v V'$ $1986 \leq 1 \times 0,75 \times 59024,73$ $1986 \text{ N} \leq 44268,54 \text{ N} \rightarrow \text{(OK)}$ | <p><u>Tegangan Lentur (Momen) :</u></p> $M_{\max} = 1/8 \times q \times l^2$ $= 1/8 \times 1,39 \times 400^2$ $= 27800 \text{ kgcm}$ $W_n = 1/6 \times b \times d^2$ $= 1/6 \times 10 \times 20^2$ $= 666,667 \text{ cm}^3$ $\sigma_{lt//} = M_{\max} / W_n$ $= 27800 / 666,667$ $= 41,7 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\sigma}_{lt//} = 130 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabel 2.4.)}$ <p>Syarat :</p> $\sigma_{lt//} \leq \bar{\sigma}_{lt//} \times \alpha \times \beta \times \gamma$ $41,7 \leq 130 \times 1 \times 1 \times 1$ $41,7 \text{ kg/cm}^2 \leq 130 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{(OK)}$ <p><u>Tegangan Geser :</u></p> $V_{\max} = 1/2 \times q \times l$ $= 1/2 \times 1,39 \times 400$ $= 278 \text{ kg}$ $\tau_{//} = 3/2 (V_{\max} / b d)$ $= 3/2 \times (278 / (10 \times 20))$ $= 2,085 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\tau}_{//} = 15 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabel 2.4.)}$ <p>Syarat :</p> $\tau_{//} \leq \bar{\tau}_{//} \times \alpha \times \beta \times \gamma$ $2,085 \leq 15 \times 1 \times 1 \times 1$ $2,085 \text{ kg/cm}^2 \leq 15 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{(OK)}$ |
| Cek Aksial Tarik | <p><u>Tahanan Aksial Tarik</u></p> <p>Faktor tahanan (Φ) dan Faktor waktu (λ)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Faktor tahanan tekan = $\Phi_t = 0,80$ 2. Faktor waktu = $\lambda = 1$ <p>Tahanan tarik terkoreksi (T')</p> | Tidak ditinjau |

| Kriteria | RSNI | PKKI |
|-----------------------------------|---|---|
| Cek Aksial Tarik (Lanjutan) | <p> $T' = T C_1 C_2 \dots C_n$ $T = \text{Tahanan tarik acuan}$ $= 18,94 \text{ Mpa}$ $= 18,94 \times 100 \times 200$ $= 378876,6 \text{ N}$ $C_i = \text{Faktor koreksi}$ </p> <p> Faktor koreksi untuk masa layan 1. Faktor koreksi layan basah (C_M) = 0,80 2. Faktor koreksi temperatur (C_t) Untuk temperatur < 38°C , maka $C_t = 1$ 3. $C_{pt} = 1$ 4. $C_{rt} = 1$ </p> <p> Faktor koreksi (C_i) $C_i = C_1 C_2 \dots C_n$ $C_i = 1$ </p> <p> Tahanan tarik terkoreksi (T') $T' = T C_1 C_2 \dots C_n$ $T' = 378876,6 \times 1$ $= 378876,6 \text{ N}$ </p> <p> Syarat : $T_u \leq \lambda \Phi_t T'$ $2000 \leq 1 \times 0,80 \times 378876,6$ $2000 \text{ N} \leq 303101,3 \text{ N (OK)}$ </p> | |
| Cek Kombinasi Lentur-Aksial Tarik | <p>1. Sisi tarik (Persamaan (2.31))</p> $\frac{T_u}{\lambda \Phi_t T'} + \frac{M_{ux}}{\lambda \Phi_b M'_s} + \frac{M_{uy}}{\lambda \Phi_b M'_y} \leq 1.0$ $= \frac{2000}{303101,3} + \frac{1986000}{(11131697,80 / 0,985)} + 0 \leq 1$ $= 0,182 \leq 1 \text{ (OK)}$ <p>2. Sisi tekan (Persamaan (2.32))</p> | $\sigma_{tr//} = \frac{S_{tr}}{F_{br}} + \Phi_1 \frac{M_{\max}}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{tr//}$ $\Phi_1 = \bar{\sigma}_{tr//} / \bar{\sigma}_{lt//}$ $\sigma_{tr//} = \frac{200}{20 \times 10} + \frac{110}{130} \times 41,7 \leq \bar{\sigma}_{tr//}$ $= 36,28 \text{ kg/cm}^2 \leq 137,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$ |

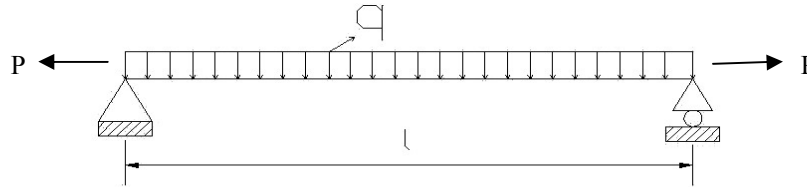
| | RSNI | PKKI |
|--|--|--|
| Cek Kombinasi Lentur-Aksial Tarik (Lanjutan) | $\frac{\left(M_{ux} - \frac{d}{6}T_u\right)}{\lambda\Phi_b M'_x} + \frac{M_{uy}}{\lambda\Phi_b M'_y \left(1 - \frac{M_{ux}}{\Phi_b M_e}\right)^2} \leq 1.0$ $= \frac{1986000 - \frac{20}{6}2000}{11131697,80} + 0 \leq 1$ $= 0,178 \leq 1 \text{ (OK)}$ <p>3. Sisi tekan tanpa gaya tarik aksial (Persamaan (2.32))</p> $\frac{\left(M_{ux} - \frac{d}{6}T_u\right)}{\lambda\Phi_b M'_x} + \frac{M_{uy}}{\lambda\Phi_b M'_y \left(1 - \frac{M_{ux}}{\Phi_b M_e}\right)^2} \leq 1.0$ $T_u = 0$ $= \frac{1986000 - \frac{20}{6}0}{11131697,80} + 0 \leq 1$ $= 0,178 \leq 1 \text{ (OK)}$ | |
| Kesimpulan | Balok tunggal tersebut dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja. | Balok tunggal tersebut dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja. |

3.6.2. Balok Tunggal Ukuran 10/16 dan Bentang 4 Meter

Sebuah balok tunggal yang berada di atas 2 perletakan sederhana (*simply supported*), menerima beban merata yang berupa beban mati (11,2 kg/m'), beban hidup (100 kg/m') dan beban angin (25 kg/m'). Beban terpusat aksial tekan sebesar 2 t. Balok tersebut mempunyai ukuran 10/16 dan bentang 4 m. Jenis kayunya adalah kayu Jati, dan kayu tersebut memiliki cacat kayu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mata kayu pada muka lebarnya sebesar 0,9 cm.
- Terdapat retak sebesar 1,3 cm.
- Terdapat pingul sebesar 0,7 cm.
- Miring arah serat ($\tan \alpha$) = 1/17.
- Terdapat saluran damar sebesar 1,4 cm.

Balok tunggal tersebut berada pada konstruksi yang terlindung dan memiliki suhu sebesar 25⁰C (kering). Apakah balok tersebut kuat untuk menahan beban yang diterimanya ?



Gambar 3.4. Balok tunggal yang dibebani oleh kombinasi beban merata (q) dan gaya aksial tarik (P)

PEMBAHASAN :

Data Balok Terlentur :

| | | |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Jenis kayu | = Jati. | |
| Kelas kuat | = II | (Lampiran 1) |
| Berat jenis (BD), kadar air 15% | = 0,7 g/cm ³ . | (Lampiran 1) |
| Jarak bentang (l) | = 400 cm. | |
| Lebar balok (b) | = 10 cm. | |
| Tinggi balok (d) | = 16 cm. | |
| d/b | = 1,6 | |
| Kelas mutu kayu | = A. | (Tabel 2.1.) |
| Elemen dipergunakan pada | = Konstruksi yang terlindung. | |
| Suhu pada konstruksi | = 25 ⁰ C (kering). | |

Beban Yang Bekerja :

| | |
|------------------|------------------------|
| Beban mati (qd) | = 0,112 kg/cm' |
| Beban hidup (ql) | = 1 kg/cm' |
| Beban angin (qw) | = <u>0,25 kg/cm'</u> + |
| Beban total (q) | = 1,362 kg/cm' |

| | RSNI | PKKI |
|----------------------|--|-------------------------|
| Kombinasi Pembebanan | q_u yang dipakai = 0,9594 N/mm' | q = 1,362 kg/cm' |

| | RSNI | PKKI |
|-----------------------|---|---|
| Nilai Kuat Acuan | $E_w = 12464,895 \text{ MPa} \rightarrow$ Kode mutu = E13 (Tabel 2.6.) $E_w' = 9971,916 \text{ MPa}$ $F_b = 19,944 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) $F_v = 4,494 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) $F_t = 18,9 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) | Tidak ditinjau |
| Cek Lendutan | $E_w' = 9971,916 \text{ Mpa}$ $I_x = 34133333,33 \text{ mm}^4$ $f_{\max} = 13,3382 \text{ mm}$ Syarat : $f_{\max} \leq 1 / 300$ $13,3382 \leq 4000 / 300$ $13,3382 \text{ mm} \leq 13,3333 \text{ mm}$ \rightarrow (OK) (Butir 2.8.2.) | $E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$ (Tabel 2.19.) $I_x = 3413,33 \text{ cm}^4$ $f_{\max} = 1,3301 \text{ cm}$ Syarat : $f_{\max} \leq 1 / 300$ $1,3301 \leq 400 / 300$ $1,3301 \text{ cm} \leq 1,333 \text{ cm}$ \rightarrow (OK) (Butir 2.8.1.) |
| Faktor-Faktor Koreksi | 1. Faktor tahanan (Φ): a. Lentur (Φ_b) = 0,85 b. Stabilitas (Φ_s) = 0,85 c. Geser / Puntir (Φ_v) = 0,75 2. Faktor waktu (λ) = 1 3. Faktor koreksi layan basah (C_M): \rightarrow Untuk balok kayu besar. a. Untuk $F_b = 1$ b. Untuk $F_v = 1$ c. Untuk $E = 1$ 4. Faktor koreksi temperatur (C_t): $\rightarrow 25^{\circ}\text{C} < 38^{\circ}\text{C}$, kondisi kering. a. Untuk $F_b = 1$ b. Untuk $F_v = 1$ c. Untuk $E = 1$ 5. Faktor koreksi ukuran (C_F) = 1 6. Faktor koreksi stabilitas balok (C_L): $l_u / d = 4000 / 160 = 25$ $l_e = 1,63l_u + 3d$ $l_e = 7000 \text{ mm}$ $C_b = 0,95$ $E_{y05} = 9971,916 \text{ MPa}$ $E'_{y05} = 9971,916 \text{ MPa}$ $I_y = 13333333,33 \text{ mm}^4$ $M_e = 45585901,71 \text{ Nmm}$ $S_x = 426666,667 \text{ mm}^3$ | 1. Faktor lingkungan (β) = 1 - Untuk konstruksi yang terlindung. (Butir 2.5.2.) 2. Faktor sifat muatan (γ) = 1 - Konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin. (Butir 2.5.1.) 3. Faktor mutu Kayu (α) = 1 - Kelas mutu kayu A (Butir 2.5.3.) |

| | RSNI | PKKI |
|----------------------------------|--|---|
| Faktor-Faktor Koreksi (Lanjutan) | $M_x^* = 8509440 \text{ Nmm}$ $\alpha_b = 5,357$ $C_L = 0,828$ | |
| Cek Lentur | <p><u>Tahanan Lentur (Momen) :</u> $M_u = 1918800 \text{ Nmm}$ $M' = 8509440 \text{ Nmm}$</p> <p>Syarat : $M_u \leq \lambda \Phi_b M'$ $1918800 \leq 1 \times 0,85 \times 8509440$ $1918800 \text{ Nmm} \leq 7233024 \text{ Nmm} \rightarrow \text{(OK)}$</p> <p><u>Tahanan Geser :</u> $V_u = 1918,8 \text{ N}$ $V' = 39473,74 \text{ N}$</p> <p>Syarat : $V_u \leq \lambda \Phi_v V'$ $1918,8 \leq 1 \times 0,75 \times 39473,74$ $1918,8 \text{ N} \leq 29605,31 \text{ N} \rightarrow \text{(OK)}$</p> | <p><u>Tegangan Lentur (Momen) :</u> $M_{\max} = 27240 \text{ kgcm}$ $W_n = 426,667 \text{ cm}^3$ $\sigma_{t//} = 63,84 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\sigma}_{t//} = 130 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabel 2.4.)}$</p> <p>Syarat : $\sigma_{t//} \leq \bar{\sigma}_{t//} \times \alpha \times \beta \times \gamma$ $63,84 \text{ kg/cm}^2 \leq 130 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{(OK)}$</p> <p><u>Tegangan Geser :</u> $V_{\max} = 272,4 \text{ kg}$ $\tau_{//} = 2,554 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\tau}_{//} = 15 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabel 2.4.)}$</p> <p>Syarat : $\tau_{//} \leq \bar{\tau}_{//} \times \alpha \times \beta \times \gamma$ $2,554 \text{ kg/cm}^2 \leq 15 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{(OK)}$</p> |
| Cek Aksial Tarik | <p><u>Tahanan Aksial Tarik</u> $16. \Phi_t = 0,80$ $17. \lambda = 1$</p> <p>$T = 303040 \text{ N}$ $C_i = \text{Faktor koreksi}$</p> <p>$18. C_M = 0,80$ $19. C_t = 1$ $20. C_{pt} = 1$ $21. C_{rt} = 1$</p> <p>$C_i = 1$ $T' = 303040 \text{ N}$</p> <p>Syarat : $T_u \leq \lambda \Phi_t T'$ $2000 \leq 1 \times 0,80 \times 303040$ $2000 \text{ N} \leq 242432 \text{ N (OK)}$</p> | Tidak ditinjau |

| | RSNI | PKKI |
|-----------------------------------|--|---|
| Cek Kombinasi Lentur-Aksial Tarik | <p>1. Sisi tarik</p> $\frac{T_u}{\lambda\Phi_t T'} + \frac{M_{ux}}{\lambda\Phi_b M'_s} + \frac{M_{uy}}{\lambda\Phi_b M'_y} \leq 1.0$ <p>0,195 ≤ 1 (OK)</p> <p>2. Sisi tekan</p> $\frac{\left(M_{ux} - \frac{d}{6}T_u\right)}{\lambda\Phi_b M'_x} + \frac{M_{uy}}{\lambda\Phi_b M'_y \left(1 - \frac{M_{ux}}{\Phi_b M'_e}\right)^2} \leq 1.0$ <p>0,187 ≤ 1 (OK)</p> <p>3. Sisi tekan tanpa gaya tarik aksial</p> $T_u = 0$ $\frac{\left(M_{ux} - \frac{d}{6}T_u\right)}{\lambda\Phi_b M'_x} + \frac{M_{uy}}{\lambda\Phi_b M'_y \left(1 - \frac{M_{ux}}{\Phi_b M'_e}\right)^2} \leq 1.0$ <p>0,188 ≤ 1 (OK)</p> | $\sigma_{tr//} = \frac{S_{tr}}{F_{br}} + \Phi_1 \frac{M_{max}}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{tr//}$ $\Phi_1 = \bar{\sigma}_{tr//} / \bar{\sigma}_{tr//}$ $\sigma_{tr//} = \frac{200}{16 \times 10} + \frac{110}{130} \times 63,84 \leq \bar{\sigma}_{tr//}$ $= 31,6372 \text{ kg/cm}^2 \leq 137,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$ |
| Kesimpulan | Balok tunggal tersebut dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja. | Balok tunggal tersebut dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja. |

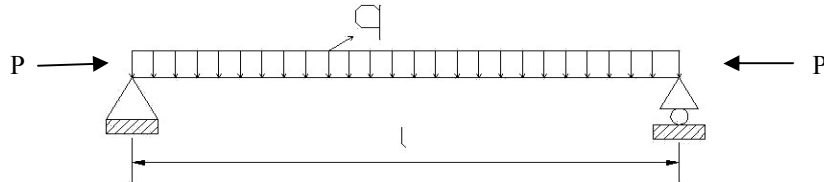
3.7. Contoh Perhitungan Kombinasi Lentur dan Tekan

3.7.1. Balok Tunggal Ukuran 10/20 dan Bentang 4 Meter

Sebuah balok tunggal yang berada di atas 2 perletakan sederhana (*simply supported*), menerima beban merata yang berupa beban mati (14 kg/m'), beban hidup (100 kg/m') dan beban angin (25 kg/m'). Beban terpusat aksial tekan sebesar 0,2 t. Balok tersebut mempunyai ukuran 10/20 dan bentang 4 m. Jenis kayunya adalah kayu Jati, dan kayu tersebut memiliki cacat kayu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mata kayu pada muka lebarnya sebesar 0,9 cm.
- Terdapat retak sebesar 1,3 cm.
- Terdapat pingul sebesar 0,7 cm.
- Miring arah serat ($\tan \alpha$) = 1/17.
- Terdapat saluran damar sebesar 1,4 cm.

Balok tunggal tersebut berada pada konstruksi yang terlindung dan memiliki suhu sebesar 25⁰C (kering). Apakah balok tersebut kuat untuk menahan beban yang diterimanya ?



Gambar 3.5. Balok tunggal yang dibebani oleh kombinasi beban merata (q) dan gaya aksial tekan (P)

PEMBAHASAN :

Data Balok Terlentur :

- Jenis kayu = Jati.
- Kelas kuat = II (Lampiran 1)
- Berat jenis (BD), kadar air 15% = 0,7 g/cm³. (Lampiran 1)
- Jarak bentang (l) = 400 cm.
- Lebar balok (b) = 10 cm.
- Tinggi balok (d) = 20 cm.
- d/b = 2
- Kelas mutu kayu = A. (Tabel 2.1.)
- Elemen dipergunakan pada = Konstruksi yang terlindung.
- Suhu pada konstruksi = 25⁰C (kering).

Beban Yang Bekerja :

- Beban mati (qD) = 0,14 kg/cm'
- Beban hidup (qL) = 1 kg/cm'
- Beban angin (qW) = 0,25 kg/cm' +
- Beban total (q) = 1,39 kg/cm'

| | RSNI | PKKI |
|----------------------|--|-----------------------------------|
| Kombinasi Pembebanan | 1. 1,4 D = 0,196 N/mm' 2. 1,2D+1,6L+0,5La = 1,768 N/mm' | Berikut kombinasi beban tersebut: |

| | RSNI | PKKI |
|---------------------------------|--|---|
| Kombinasi Pembebanan (Lanjutan) | $1,2D+1,6L+0,5H = 1,768$ $\text{N/mm}'$ $1,D+1,6La+0,5L = 0,668$ $\text{N/mm}'$ $1,2D+1,6La+0,8W =$ $0,368 \text{ N/mm}'$ $1,2D+1,6H+0,5L =$ $0,668 \text{ N/mm}'$ $1,2D+1,6H+0,8W =$ $0,368 \text{ N/mm}'$ $1,2D+1,3W+0,5L+0,5La =$ $0,993 \text{ N/mm}'$ $1,2D+1,3W+0,5L+0,5H =$ $0,993 \text{ N/mm}'$ $1,2D+1,0E+0,5L =$ $0,668 \text{ N/mm}'$ $1,2D-1,0E+0,5L =$ $0,668 \text{ N/mm}'$ $0,9D+1,3W =$ $0,451 \text{ N/mm}'$ $0,9D-1,3W =$ $-0,199 \text{ N/mm}'$ $0,9D+1,0E =$ $0,126 \text{ N/mm}'$ $0,9D-1,0E =$ $0,126 \text{ N/mm}'$ <p>\therefore Pilih $q = 0,993 \text{ N/mm}'$</p> | <p>a. Muatan tetap + muatan angin</p> <p>b. Muatan tetap + muatan tidak tetap</p> <p>Setiap muatan yang dikombinasikan memiliki faktor = 1</p> <p><i>Catatan</i> : muatan = beban.</p> <p> $q_d = 0,14 \text{ kg/cm}'$ $q_l = 1 \text{ kg/cm}'$ $q_w = 0,25 \text{ kg/cm}' +$ $q = 1,39 \text{ kg/cm}'$ </p> |
| Nilai Kuat Acuan | $E_w = 16.000 \times G^{0,7}$ $= 16.000 \times 0,7^{0,7}$ $= 12464,895 \text{ MPa} \rightarrow$ Kode mutu = E13 (Tabel 2.6.) $E_w' = E_w \times \text{nilai rasio tahanan}$ $= 12464,895 \times 0,8$ $= 9971,916 \text{ MPa}$ $F_b = 19,944 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) $F_v = 4,494 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) $F_c = 24,97 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) | Tidak ditinjau |
| Cek Lendutan | $E_w' = 9971,916 \text{ MPa}$ $I_x = 1/12 \times b \times d^3$ $= 1/12 \times 100 \times 200^3$ $= 66666666,667 \text{ mm}^4$ $f_{\max} = (5ql^4) / (384 E_w' I_x)$ $= \frac{(5 \times 1,39 \times 4000^4)}{(384 \times 9971,916 \times 66666666,667)}$ $= 6,97 \text{ mm}$ | $E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$ (Tabel 2.19.) $I_x = 1/12 \times b \times d^3$ $= 1/12 \times 10 \times 20^3$ $= 6666,667 \text{ cm}^4$ $f_{\max} = (5ql^4) / (384 E I_x)$ |

| | RSNI | PKKI |
|----------------------------|---|--|
| Cek Lendutan (Lanjutan) | <p>Syarat :</p> $f_{\max} \leq 1 / 300$ $6,97 \leq 4000 / 300$ $6,97 \text{ mm} \leq 13,33 \text{ mm}$ <p>→ (OK) (Butir 2.8.2.)</p> | $= \frac{(5 \times 1,39 \times 400^4)}{(384 \times 10^5 \times 6666,667)}$ $f_{\max} = 0,693 \text{ cm}$ <p>Syarat :</p> $f_{\max} \leq 1 / 300$ $0,693 \leq 400 / 300 \text{ (m)}$ $0,693 \text{ cm} \leq 1,333 \text{ cm}$ <p>→ (OK) (Butir 2.8.1.)</p> |
| Faktor – Faktor Koreksi | <p>1. Faktor tahanan (Φ) : (Tabel 2.11.)</p> <p>a. Lentur (Φ_b) = 0,85 b. Stabilitas (Φ_s) = 0,85 c. Geser / Puntir (Φ_v) = 0,75</p> <p>2. Faktor waktu (λ) = 1 (Tabel 2.10.) - Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah : $1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_a \text{ atau } H)$.</p> <p>3. Faktor koreksi layan basah (C_M) : (Tabel 2.12.) → Untuk balok kayu besar. a. Untuk $F_b = 1$ b. Untuk $F_v = 1$ c. Untuk $E = 1$</p> <p>4. Faktor koreksi temperatur (C_t) : (Tabel 2.13.) → $25^{\circ}\text{C} < 38^{\circ}\text{C}$, kondisi kering. a. Untuk $F_b = 1$ b. Untuk $F_v = 1$ c. Untuk $E = 1$</p> <p>5. Faktor koreksi ukuran (C_F) = 1</p> <p>6. Faktor koreksi stabilitas balok (C_L) : $l_u / d = 4000 / 200 = 20$ → karena $20 > 14,3$, maka rumus $l_e = 1,63l_u + 3d$.</p> | <p>1. Faktor lingkungan (β) = 1 - Untuk konstruksi yang terlindung (Butir 2.5.2.)</p> <p>2. Faktor sifat muatan (γ) = 1 - Konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin. (Butir 2.5.1.)</p> <p>3. Faktor mutu Kayu (α) = 1 - Kelas mutu kayu A (Butir 2.5.3.)</p> |

| | RSNI | PKKI |
|------------------------------------|--|---|
| Faktor – Faktor Koreksi (Lanjutan) | $l_e = (1,63 \times 4000) + (3 \times 200)$ $= 7120 \text{ mm}$ $C_b = 0,95$ $E_{y05} = 9971,916 \text{ MPa}$ $E'_{y05} = 9971,916 \times C_M \times C_t$ $= 9971,916 \times 1 \times 1 =$ $9971,916 \text{ MPa}$ $I_y = 1/12 \times d \times b^3$ $= 1/12 \times 200 \times 100^3$ $= 16666666,67 \text{ mm}^4$ $M_e = 2,4 E'_{y05} (I_y / l_e)$ $= 2,4 \times 9971,916 \times$ $(16666666,67 / 7120)$ $= 56021998,21 \text{ Nmm}$ $S_x = 1/6 \times b \times d^2$ $= 1/6 \times 100 \times 200^2$ $= 666666,667 \text{ mm}^3$ $M_x^* = F_b \times S_x \times C_M \times C_t \times C_F$ $= 19,944 \times 666666,667 \times 1 \times$ 1×1 $= 13295887,58 \text{ Nmm}$ $\alpha_b = (\Phi_s M_e) / (\lambda \Phi_b M_x^*)$ $= \frac{(0,85 \times 56021998,21)}{(1 \times 0,85 \times 13296000)}$ $= 4,213$ $C_L = \frac{1 + \alpha_b}{2c_b} - \sqrt{\left(\frac{1 + \alpha_b}{2c_b}\right)^2 - \frac{\alpha_b}{c_b}}$ $= \frac{1 + 4,213}{2 \times 0,95} - \sqrt{\left(\frac{1 + 4,213}{2 \times 0,95}\right)^2 - \frac{4,213}{0,95}}$ $= 0,985$ | |
| Cek Lentur | <u>Tahanan Lentur (Momen) :</u> $M_u = 1/8 \times q \times l^2$ $= 1/8 \times 0,993 \times 4000^2$ $= 1986000 \text{ Nmm}$ $M' = F_b \times S_x \times C_M \times C_t \times C_F$ $\times C_L$ $= 19,944 \times 666666,667 \times 1$ $\times 1 \times 1 \times 0,985$ $= 13096115,06 \text{ Nmm}$ | <u>Tegangan Lentur (Momen) :</u> $M_{\max} = 1/8 \times q \times l^2$ $= 1/8 \times 1,39 \times 400^2$ $= 27800 \text{ kgcm}$ $W = 1/6 \times b \times d^2$ $= 1/6 \times 10 \times 20^2$ $= 666,667 \text{ cm}^3$ $\sigma_{It} = M_{\max} / W$ $= 27800 / 666,667$ $= 41,7 \text{ kg/cm}^2$ |

| | RSNI | PKKI |
|-----------------------|---|---|
| Cek Lentur (Lanjutan) | <p>Syarat :</p> $M_u \leq \lambda \Phi_b M'$ $1986000 \leq 1 \times 0,85 \times 13096115,06$ $1986000 \text{ Nmm} \leq 11131697,80 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$ <p><u>Tahanan Geser :</u></p> $V_u = \frac{1}{2} \times q \times l$ $= \frac{1}{2} \times 0,993 \times 4000$ $= 1986 \text{ N}$ $V' = F_v \times \frac{2}{3} \times b \times d \times C_M \times C_t \times C_F \times C_L$ $= 4,494 \times \frac{2}{3} \times 100 \times 200 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,985$ $= 59024,73 \text{ N}$ <p>Syarat :</p> $V_u \leq \lambda \Phi_v V'$ $1986 \leq 1 \times 0,75 \times 59024,73$ $1986 \text{ N} \leq 44268,54 \text{ N} \rightarrow \text{OK}$ | $\bar{\sigma}_{lt} = 130 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabel 2.4.)}$ <p>Syarat :</p> $\sigma_{lt} \leq \bar{\sigma}_{lt} \times \alpha \times \beta \times \gamma$ $41,7 \leq 130 \times 1 \times 1 \times 1$ $41,7 \text{ kg/cm}^2 \leq 130 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$ <p><u>Tegangan Geser :</u></p> $V_{\max} = \frac{1}{2} \times q \times l$ $= \frac{1}{2} \times 1,39 \times 400$ $= 278 \text{ kg}$ $\tau = \frac{3}{2} (V_{\max} / b d)$ $= \frac{3}{2} \times (278 / (10 \times 20))$ $= 2,085 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\tau}_{//} = 15 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabel 2.4.)}$ <p>Syarat :</p> $\tau \leq \bar{\tau}_{//} \times \alpha \times \beta \times \gamma$ $2,085 \leq 15 \times 1 \times 1 \times 1$ $2,085 \text{ kg/cm}^2 \leq 15 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$ |
| Cek Aksial Tekan | <p>Faktor tahanan (Φ) dan Faktor waktu (λ)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Faktor tahanan tekan = $\Phi_c = 0,90$ 2. Faktor waktu = $\lambda = 1$ <p>Tahanan tekan terkoreksi (P')</p> $P' = P C_1 C_2 \dots C_n$ <p>P = Tahanan tekan acuan</p> $= 24,97 \text{ Mpa}$ $= 24,97 \times 100 \times 200$ $= 499438,31 \text{ N}$ <p>C_i = Faktor koreksi</p> <p>Faktor koreksi untuk masa layan</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Faktor koreksi layan basah (C_M) = 0,80 2. Faktor koreksi temperatur (C_t) <p>Untuk temperatur $< 38^\circ\text{C}$, maka $C_t = 1$</p> | Tidak ditinjau |

| | RSNI | PKKI |
|--------------------------------|---|------|
| Cek Aksial Tekan (Lanjutan) | <p>1. Faktor koreksi untuk konfigurasi komponen struktur Faktor koreksi stabilitas kolom (C_p)</p> $C_p = \frac{1 - \alpha_c}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 - \alpha_c}{2c}\right)^2 - \frac{\alpha_c}{r}}$ <p>Persamaan (2.18)</p> <p>dengan:</p> $\alpha_c = \frac{\Phi_s F_s}{\lambda \Phi_c P'_0} \text{ Persamaan (2.19)}$ $P'_0 = \frac{\pi^2 E_s I}{[k_s l]^2} \text{ Persamaan (2.20)}$ $\frac{k_s l}{r} < 175$ $\frac{1 \times 4000}{28,87} < 175$ $138,56 < 175$ $P_e = \frac{\pi^2 \times 9971,92 \times 4000}{138,56^2}$ $= 102602,19 \text{ N}$ $P'_0 = 24,97 \text{ Mpa}$ $= 24,97 \times 100 \times 200$ $= 499438,31 \text{ N}$ $\Phi_s = 0,85$ $\Phi_c = 0,90$ $\lambda = 1$ $\alpha_c = \frac{\Phi_s F_s}{\lambda \Phi_c P'_0}$ $= \frac{0,85 \times 102602,19}{1 \times 0,9 \times 499438,31}$ $= 0,194$ $c = 0,8$ $C_p = 0,186$ <p>2. Faktor koreksi bentuk (C_f) Untuk komponen struktur berpenampang persegi panjang, maka $C_f = 1,40$</p> <p>Faktor koreksi tambahan untuk kayu struktural dan kayu laminasi struktural Faktor koreksi kekakuan tekuk (C_T)</p> | |

| | RSNI | PKKI |
|--------------------------------------|--|--|
| Cek Aksial Tekan (Lanjutan) | $C_T = 1 + \frac{F_M l_c}{E_{us}}$ Persamaan (2.25) $= 1 + \frac{0,326 \times 4000}{9971,92}$ $= 1,13$ $C_T = 1, \text{ karena dimensi batang lebih besar dari } 50 \times 100 \text{ mm}$ Faktor koreksi (C_i) $C_i = C_1 C_2 \dots C_n$ $C_i = 0,26$ Tahanan tekan terkoreksi (P') $P' = P C_1 C_2 \dots C_n$ $P' = 499438,31 \times 0,26$ $= 12975,03 \text{ N}$ Syarat : $P_u \leq \lambda \Phi_c P'$ $2000 \leq 1 \times 0,90 \times 12975,03$ $2000 \text{ N} \leq 11677,52 \text{ N (OK)}$ | |
| Cek Kombinasi Lentur-Aksial Tekan | $\left(\frac{P_u}{\lambda \Phi_c P'} \right)^2 + \frac{M_{mx}}{\lambda \Phi_b M'_x} + \frac{M_{my}}{\lambda \Phi_b M'_y} \leq 1,0$ Persamaan (2.33) $M_{mx} = B_{bx} M_{bx} + B_{sx} M_{sx}$ Persamaan (2.34) $B_{bx} = \frac{C_{mx}}{\left(1 - \frac{P_u}{\Phi_c P_{ex}} \right)} \geq 1,0$ Persamaan (2.36) $= \frac{1}{1 - \frac{2000}{0,9 \times 102602,19}} \geq 1$ $= 1,022 \geq 1$ $\left(\frac{P_u}{\lambda \Phi_c P'} \right)^2 + \frac{M_{mx}}{\lambda \Phi_b M'_x} + \frac{M_{my}}{\lambda \Phi_b M'_y} \leq 1,0$ $= \left(\frac{2000}{116775,2} \right)^2 + \frac{1,022 \times 1986000}{11131697,80} + 0 \leq 1$ $= 0,183 \leq 1 \text{ (OK)}$ | $\sigma_{tk//} = \frac{S\omega}{F_{br}} + \phi_2 \frac{M}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{tk//}$ $\phi_2 = \frac{\bar{\sigma}_{tk//}}{\bar{\sigma}_{lt//}}$ $\lambda = \frac{l_k}{i_{\min}}$ $= \frac{4000}{28,87} < 150$ $= 138,56 < 150$ $\omega = 6,36$ $\sigma_{tk//} = \frac{200 \times 6,36}{20 \times 10} + \frac{110}{130} \times 41,7 \leq \bar{\sigma}_{tk//}$ $= 41,64 \text{ kg/cm}^2 \leq 137,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$ |

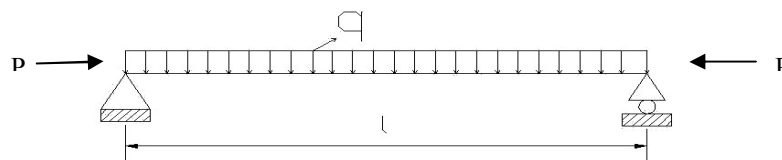
| | RSNI | PKKI |
|------------|--|--|
| Kesimpulan | Balok tunggal tersebut dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja. | Balok tunggal tersebut dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja. |

3.7.2. Balok Tunggal Ukuran 10/16 dan Bentang 4 Meter

Sebuah balok tunggal yang berada di atas 2 perletakan sederhana (*simply supported*), menerima beban merata yang berupa beban mati (11,2 kg/m'), beban hidup (100 kg/m') dan beban angin (25 kg/m'). Beban terpusat aksial tekan sebesar 0,2 t. Balok tersebut mempunyai ukuran 10/16 dan bentang 4 m. Jenis kayunya adalah kayu Jati, dan kayu tersebut memiliki cacat kayu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mata kayu pada muka lebarnya sebesar 0,9 cm.
- Terdapat retak sebesar 1,3 cm.
- Terdapat pingul sebesar 0,7 cm.
- Miring arah serat ($\tan \alpha$) = 1/17.
- Terdapat saluran damar sebesar 1,4 cm.

Balok tunggal tersebut berada pada konstruksi yang terlindung dan memiliki suhu sebesar 25⁰C (kering). Apakah balok tersebut kuat untuk menahan beban yang diterimanya ?



Gambar 3.6. Balok tunggal yang dibebani oleh kombinasi beban merata (q) dan gaya aksial tekan (P)

PEMBAHASAN :

Data Balok Terlentur :

| | | |
|------------------------------------|---------------------------|--------------|
| Jenis kayu | = Jati. | |
| Kelas kuat | = II | (Lampiran 1) |
| Berat jenis (BD), kadar air 15% | = 0,7 g/cm ³ . | (Lampiran 1) |

| | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------|
| Jarak bentang (l) | = 400 cm. | |
| Lebar balok (b) | = 10 cm. | |
| Tinggi balok (d) | = 16 cm. | |
| d/b | = 1,6 | |
| Kelas mutu kayu | = A. | (Tabel 2.1.) |
| Elemen dipergunakan pada | = Konstruksi yang terlindung. | |
| Suhu pada konstruksi | = 25 ⁰ C (kering). | |

Beban Yang Bekerja :

| | |
|------------------|-----------------|
| Beban mati (qD) | = 0,112 kg/cm' |
| Beban hidup (qL) | = 1 kg/cm' |
| Beban angin (qW) | = 0,25 kg/cm' + |
| Beban total (q) | = 1,362 kg/cm' |

| | RSNI | PKKI |
|-------------------------|---|---|
| Kombinasi Pembebanan | q yang digunakan = 0,9594 N/mm' | q = 1,362 kg/cm' |
| Nilai Kuat Acuan | E _w = 12464,895 MPa → Kode mutu = E13 E _w ' = 9971,916 MPa F _b = 19,944 MPa (Tabel 2.6.) F _v = 4,494 MPa (Tabel 2.6.) F _c = 24,97 MPa (Tabel 2.6.) | Tidak ditinjau |
| Cek Lendutan | E _w ' = 9971,916 MPa I _x = 34133333,33 mm ⁴ f _{max} = 13,3382 mm Syarat : f_{max} ≤ 1 / 300 13,338 mm ≤ 13,333 mm → (OK) | E = 100.000 kg/cm ² I _x = 3413,333 cm ⁴ f _{max} = 1,3301 cm Syarat : f_{max} ≤ 1 / 300 1,3301 cm ≤ 1,333 cm → (OK) |
| Faktor – Faktor Koreksi | 1. Faktor tahanan (Φ): a. Lentur (Φ _b) = 0,85 b. Stabilitas (Φ _s) = 0,85 c. Geser / Puntir (Φ _v) = 0,75 2. Faktor waktu (λ) = 1 3. Faktor koreksi layan basah (C _M) : → Untuk balok kayu besar. | 1. Faktor lingkungan (β) = 1 - Untuk konstruksi yang terlindung (Butir 2.5.2.) 2. Faktor sifat muatan (γ) = 1 - Konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin. (Butir 2.5.1.) |

| | RSNI | PKKI |
|------------------------------------|--|---|
| Faktor – Faktor Koreksi (Lanjutan) | <p>a. Untuk $F_b = 1$ b. Untuk $F_v = 1$ c. Untuk $E = 1$</p> <p>4. Faktor koreksi temperatur (C_t) : $\rightarrow 25^{\circ}\text{C} < 38^{\circ}\text{C}$, kondisi kering. a. Untuk $F_b = 1$ b. Untuk $F_v = 1$ c. Untuk $E = 1$</p> <p>5. Faktor koreksi ukuran (C_F) = 1</p> <p>6. Faktor koreksi stabilitas balok (C_L) : $l_u / d = 4000 / 160 = 25$ $l_e = 1,63l_u + 3d$ $= 7000 \text{ mm}$ $C_b = 0,95$ $E_{y05} = 9971,916 \text{ MPa}$ $E'_{y05} = 9971,916 \text{ MPa}$ $I_y = 13333333,33 \text{ mm}^4$ $M_e = 45585901,71 \text{ Nmm}$ $S_x = 426666,667 \text{ mm}^3$ $M_x^* = 8509440 \text{ Nmm}$ $\alpha_b = 5,3571$ $C_L = 0,828$</p> | <p>3. Faktor mutu Kayu (α) = 1 - Kelas mutu kayu A (Butir 2.5.3.)</p> |
| Cek Lentur | <p><u>Tahanan Lentur (Momen) :</u> $M_u = 1918800 \text{ Nmm}$ $M' = 8509440 \text{ Nmm}$</p> <p>Syarat : $M_u \leq \lambda \Phi b M'$ $1918800 \leq 1 \times 0,85 \times 8509440$ $1918800 \text{ Nmm} \leq 7233024$ $\text{Nmm} \rightarrow \text{(OK)}$</p> <p><u>Tahanan Geser :</u> $V_u = 1918,8 \text{ N}$ $V' = 39691 \text{ N}$</p> | <p><u>Tegangan Lentur (Momen) :</u> $M_{\max} = 27240 \text{ kgcm}$ $W_n = 426,667 \text{ cm}^3$ $\sigma_{lt} = 63,844 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\sigma}_{lt} = 130 \text{ kg/cm}^2$ (Tabel 2.4.)</p> <p>Syarat : $\sigma_{lt} \leq \bar{\sigma}_{lt} \times \alpha \times \beta \times \gamma$ $63,844 \text{ kg/cm}^2 \leq 130 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow \text{(OK)}$</p> <p><u>Tegangan Geser :</u> $V_{\max} = 272,4 \text{ kg}$ $\tau_{//} = 2,5538 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\tau}_{//} = 15 \text{ kg/cm}^2$ (Tabel 2.4.)</p> |

| | RSNI | PKKI |
|-----------------------------------|--|--|
| Cek Lentur (Lanjutan) | <p>Syarat : $V_u \leq \lambda \Phi_v V'$ $1918,8 \leq 1 \times 0,75 \times 39691$ $1986 \text{ N} \leq 29768,25 \text{ N} \rightarrow \text{(OK)}$</p> | <p>Syarat : $\tau_{//} \leq \bar{\tau}_{//} \times \alpha \times \beta \times \gamma$ $2,5538 \text{ kg/cm}^2 \leq 15 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{(OK)}$</p> |
| Cek Aksial Tekan | <p>1. $\Phi_c = 0,90$ 2. $\lambda = 1$</p> <p>$P = 399520 \text{ N}$ $C_i = \text{Faktor koreksi}$</p> <p>3. $C_M = 0,80$ 4. $C_t = 1$ 5. C_p $\alpha_c = \frac{Q_s P_s}{\lambda \Phi_c P'_s}$ $= 0,2425$ $c = 0,8$ $C_p = \frac{1 + \alpha_c}{2c} \sqrt{\left(\frac{1 + \alpha_c}{2c}\right)^2 + \frac{\alpha_c}{c}}$ $C_p = 0,1401$</p> <p>6. $C_f = 1,40$ 7. $C_T = 1$, karena dimensi batang lebih besar dari 50 x 100 mm</p> <p>$C_i = 0,26$ $P' = 103875,2 \text{ N}$</p> <p>Syarat : $P_u \leq \lambda \Phi_c P'$ $2000 \leq 1 \times 0,90 \times 103875,2$ $2000 \text{ N} \leq 93487,68 \text{ N} \text{ (OK)}$</p> | Tidak Ditinjau |
| Cek Kombinasi Lentur-Aksial Tekan | <p>$M_{mx} = B_{bx} M_{bx} + B_{sx} M_{sx}$ $B_{bx} = 1,022 \geq 1$</p> $\left(\frac{P_u}{\lambda \Phi_c P'}\right)^2 + \frac{M_{mx}}{\lambda \Phi_b M'_x} + \frac{M_{my}}{\lambda \Phi_b M'_y} \leq 1.0$ $0,191 \leq 1 \text{ (OK)}$ | $\sigma_{tk//} = \frac{S\omega}{F_{br}} + \Phi_2 \frac{M}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{tk//}$ $\Phi_2 = \bar{\sigma}_{tk//} / \bar{\sigma}_{tl//}$ $\lambda = \frac{l_k}{i_{\min}}$ $= \frac{4000}{28,87} < 150$ $= 138,56 < 150$ $\omega = 6,36$ |

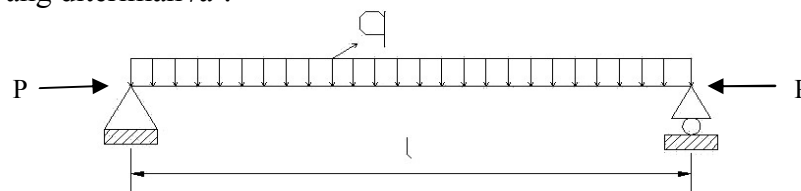
| | RSNI | PKKI |
|--|---|---|
| Cek Kombinasi Lentur-Aksial Tekan (Lanjutan) | | $\sigma_{tk//} = \frac{200 \times 6,36}{16 \times 10} + \frac{110}{130} \times 63,84 \leq \bar{\sigma}_{tk//}$ $= 34,487 \text{ kg/cm}^2 \leq 137,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$ |
| Kesimpulan | Balok tunggal tersebut tidak dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja karena syarat lendutan. | Balok tunggal tersebut dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja. |

3.7.3. Gording Dari Balok Tunggal Ukuran 8/14 dan Bentang 4 Meter

Sebuah gording dengan kemiringan atap genteng kodok 35° dan jarak antar gording 1 m. Gording berupa balok tunggal yang berada di atas 2 perletakan sederhana (*simply supported*), menerima beban merata yang berupa beban mati), beban hidup dan beban angin (40 kg/m^2). Beban terpusat aksial tekan sebesar 0,2 t. Balok tersebut mempunyai ukuran 8/14 dan bentang 4 m. Jenis kayunya adalah kayu Jati, dan kayu tersebut memiliki cacat kayu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mata kayu pada muka lebarnya sebesar 0,9 cm.
- Terdapat retak sebesar 1,3 cm.
- Terdapat pingul sebesar 0,7 cm.
- Miring arah serat ($\tan \alpha = 1/17$).
- Terdapat saluran damar sebesar 1,4 cm.

Balok tunggal tersebut berada pada konstruksi yang terlindung dan memiliki suhu sebesar 25°C (kering). Apakah balok tersebut kuat untuk menahan beban yang diterimanya ?



Gambar 3.7. Idealisasi gording

PEMBAHASAN :

Data Balok Terlentur :

Jenis kayu = Jati
 Berat jenis (G),
 kadar air 15% = $0,7 \text{ g/cm}^3$ (Lampiran 1)

| | | |
|--------------------------|--|--------------|
| Panjang bentang (l) | = 4000 mm | |
| Lebar balok (b) | = 80 mm | |
| Tinggi balok (d) | = 140 mm | |
| d/b | = $1,75 \leq 2 \rightarrow$ Tanpa <i>Bresing Lateral</i> | |
| Kelas mutu kayu | = A | (Tabel 2.5.) |
| Nilai rasio tahanan | = 0,8 | (Tabel 2.7.) |
| Elemen dipergunakan pada | = Konstruksi yang terlindung | |
| Suhu pada konstruksi | = 25 °C (kering) | |
| BJ atap genteng kodok | = 60 kg/m ² | |

Beban Yang Bekerja :

1. Beban mati (qd)

a. Berat sendiri gording = 7,8 kg/m'

b. Berat penutup atap = 60 kg/m² x 1m = 60 kg/m'

qd = 67,8 kg/m' = 0,678 N/mm'

2. Beban hidup (ql)

a. Beban air hujan = (40 – 0,8 α) ----- (PPIUG 1983 pasal 3.2.2.a)

= (40 – 0,8 x 35) = 12 kg/m²

ql = 12 x 1 x cos 35° = 9,83 kg/m'

b. Beban pekerja (P) = 100 kg -----(PPIUG 1983 pasal 3.2.2b)

Beban hidup (ql) = 0,4 N/mm' (konversi beban terpusat 100 kg)

3. Beban angin (qw)

Tekanan tiup angin = 40 kg/m² ----- (PPIUG 1983 pasal 4.2.2)

C = 0,02 x α – 0,40

= 0,02 x 35 – 0,40

= 0,3

qw = 0,3 x 40 x 1 = 12 kg/m' = 0,12 N/mm'

| | RSNI | PKKI |
|----------------------|---|------------------------------------|
| Kombinasi Pembebanan | 1. 1,4 D = 0,949 N/mm' 2. 1,2D+1,6L+0,5La = 1,454 N/mm' 3. 1,2D+1,6L+0,5H = 1,454 N/mm' | Berikut kombinasi beban tersebut : |

| | RSNI | PKKI |
|---------------------------------|---|---|
| Kombinasi Pembebanan (Lanjutan) | 4. $1,2D+1,6La+0,5L$ $= 1,014 \text{ N/mm}'$ 5. $1,2D+1,6La+0,8W$ $= 0,910 \text{ N/mm}'$ 6. $1,2D+1,6H+0,5L$ $= 1,014 \text{ N/mm}'$ 7. $1,2D+1,6H+0,8W$ $= 0,910 \text{ N/mm}'$ 8. $1,2D+1,3W+0,5L+0,5La$ $= 1,170 \text{ N/mm}'$ 9. $1,2D+1,3W+0,5L+0,5H$ $= 1,170 \text{ N/mm}'$ 10. $1,2D+1,0E+0,5L$ $= 1,014 \text{ N/mm}'$ 11. $1,2D-1,0E+0,5L$ $= 1,014 \text{ N/mm}'$ 12. $0,9D+1,3W = 0,766 \text{ N/mm}'$ 13. $0,9D-1,3W = 0,454 \text{ N/mm}'$ 14. $0,9D+1,0E = 0,610 \text{ N/mm}'$ 15. $0,9D-1,0E = 0,610 \text{ N/mm}'$ \therefore Pilih $q = 1,170 \text{ N/mm}'$ | a. Muatan tetap + muatan angin b. Muatan tetap + muatan tidak tetap Setiap muatan yang dikombinasikan memiliki faktor = 1 <i>Catatan</i> : muatan = beban. $q_d = 0,678 \text{ N/mm}'$ $q_l = 0,4 \text{ N/mm}'$ $q_w = 0,12 \text{ N/mm}' +$ $q = 1,198 \text{ N/mm}'$ |
| Nilai Kuat Acuan | $E_w = 16.000 \times G^{0,7}$ $= 16.000 \times 0,7^{0,7}$ $= 12464,895 \text{ Mpa} \rightarrow$ Kode mutu = E13 (Tabel 2.6.) $E_w' = E_w \times \text{nilai rasio tahanan}$ $= 12464,895 \times 0,8$ $= 9971,916 \text{ Mpa}$ $F_b = 19,944 \text{ Mpa}$ (Tabel 2.6.) $F_v = 4,494 \text{ Mpa}$ (Tabel 2.6.) $F_c = 24,97 \text{ Mpa}$ (Tabel 2.6.) | Tidak ditinjau |
| Cek Lendutan | $E_w' = 9971,916 \text{ MPa}$ $I_x = 1/12 \times b \times d^3$ $= 1/12 \times 80 \times 140^3$ $= 18293333,33 \text{ mm}^4$ $f_{\max} = \frac{5ql^4}{384E_w'I_x} + \frac{PL^3}{48E_w'I_x}$ $= \frac{5 \times 0,798 \times 4000^4}{384 \times 9971,916 \times 18293333,33}$ $+ \frac{1000 \times 4000^3}{48 \times 9971,916 \times 18293333,33}$ | $E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$ (Tabel 2.19.) $I_x = 1/12 \times b \times d^3$ $= 1/12 \times 8 \times 14^3$ $= 1829,333 \text{ cm}^4$ $f_{\max} = \frac{5ql^4}{384E_w'I_x} + \frac{PL^3}{48E_w'I_x}$ $= \frac{5 \times 0,798 \times 400^4}{384 \times 10^5 \times 1829,33}$ $+ \frac{100 \times 400^3}{48 \times 10^5 \times 1829,33}$ |

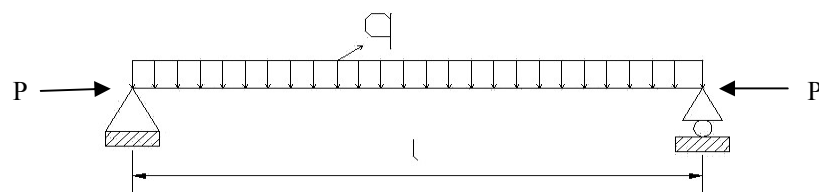
| | RSNI | PKKI |
|----------------------------|---|--|
| Cek Lendutan (Lanjutan) | $= 21,89 \text{ mm}$ Syarat : $f_{\max} \leq 1 / 200$ $21,89 \leq 4000 / 200$ $21,89 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \rightarrow$ (NOT OK) (Butir 2.8.2.) | $= 2,18 \text{ cm}$ Syarat : $f_{\max} \leq 1 / 200$ $2,199 \leq 400 / 200 \text{ (cm)}$ $2,18 \text{ cm} \geq 2 \text{ cm} \rightarrow$ (NOT OK) (Butir 2.8.1.) |
| Kesimpulan | Balok tunggal tersebut tidak dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja karena syarat lendutan. | Balok tunggal tersebut tidak dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja karena syarat lendutan. |

3.7.4. Gording Dari Balok Tunggal Ukuran 8/14 dan Bentang 3 Meter

Sebuah gording dengan kemiringan atap genteng kodok 35° dan jarak antar gording 1 m. Gording berupa balok tunggal yang berada di atas 2 perletakan sederhana (*simply supported*), menerima beban merata yang berupa beban mati), beban hidup dan beban angin (40 kg/m^{\prime}). Beban terpusat aksial tekan sebesar 0,2 t. Balok tersebut mempunyai ukuran 8/14 dan bentang 3 m. Jenis kayunya adalah kayu Jati, dan kayu tersebut memiliki cacat kayu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mata kayu pada muka lebarnya sebesar 0,9 cm.
- Terdapat retak sebesar 1,3 cm.
- Terdapat pingul sebesar 0,7 cm.
- Miring arah serat ($\tan \alpha$) = 1/17.
- Terdapat saluran damar sebesar 1,4 cm.

Balok tunggal tersebut berada pada konstruksi yang terlindung dan memiliki suhu sebesar 25°C (kering). Apakah balok tersebut kuat untuk menahan beban yang diterimanya ?



Gambar 3.8. Idealisasi gording

PEMBAHASAN :

Data Balok Terlentur :

| | | |
|-----------------------------------|--|--------------|
| Jenis kayu | = Jati | |
| Berat jenis (G), kadar air 15% | = $0,7 \text{ g/cm}^3$ | (Lampiran 1) |
| Panjang bentang (l) | = 3000 mm | |
| Lebar balok (b) | = 80 mm | |
| Tinggi balok (d) | = 140 mm | |
| d/b | = $1,75 \leq 2 \rightarrow$ Tanpa <i>Bresing Lateral</i> | |
| Kelas mutu kayu | = A | (Tabel 2.5.) |
| Nilai rasio tahanan | = 0,8 | (Tabel 2.7.) |
| Elemen dipergunakan pada | = Konstruksi yang terlindung | |
| Suhu pada konstruksi | = 25°C (kering) | |
| BJ atap genteng kodok | = 60 kg/m^2 | |

Beban Yang Bekerja :

1. Beban mati (qd)

a. Berat sendiri gording = $7,8 \text{ kg/m'}$

b. Berat penutup atap = $60 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 60 \text{ kg/m'}$

$$qd = 67,8 \text{ kg/m'} = 0,678 \text{ N/mm'}$$

2. Beban hidup (ql)

a. Beban air hujan = $(40 - 0,8 \alpha)$ ----- (PPIUG 1983 pasal 3.2.2.a)
= $(40 - 0,8 \times 35) = 12 \text{ kg/m}^2$

$$ql = 12 \times 1 \times \cos 35^{\circ} = 9,83 \text{ kg/m'}$$

b. Beban pekerja (P) = 100 kg ----- (PPIUG 1983 pasal 3.2.2b)

Beban hidup (ql) = $0,4 \text{ N/mm'}$ (konversi beban terpusat 100 kg)

3. Beban angin (qw)

Tekanan tiup angin = 40 kg/m^2 ----- (PPIUG 1983 pasal 4.2.2)

$$C = 0,02 \times \alpha - 0,40$$

$$= 0,02 \times 35 - 0,40$$

$$= 0,3$$

$$qw = 0,3 \times 40 \times 1 = 12 \text{ kg/m'} = 0,12 \text{ N/mm'}$$

| | RSNI | PKKI |
|-----------------------|--|--|
| Kombinasi Pembebanan | q yang digunakan = 1,170 N/mm' | q = 1,198 N/mm' |
| Nilai Kuat Acuan | $E_w = 16.000 \times G^{0,7}$ $= 16.000 \times 0,7^{0,7}$ $= 12464,895 \text{ MPa} \rightarrow$ Kode mutu = E13 (Tabel 2.6.) $E_w' = E_w \times \text{nilai rasio tahanan}$ $= 12464,895 \times 0,8$ $= 9971,916 \text{ MPa}$ $F_b = 19,944 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) $F_v = 4,494 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) $F_c = 24,97 \text{ MPa}$ (Tabel 2.6.) | Tidak ditinjau |
| Cek Lendutan | $E_w' = 9971,916 \text{ MPa}$ $I_x = 1/12 \times b \times d^3$ $= 1/12 \times 80 \times 140^3$ $= 18293333,33 \text{ mm}^4$ $f_{\max} = \frac{5ql^4}{384E_w'I_x} + \frac{PL^3}{48E_w'I_x}$ $= \frac{5 \times 0,798 \times 3000^4}{384 \times 9971,916 \times 18293333,33}$ $+ \frac{1000 \times 3000^3}{48 \times 9971,916 \times 18293333,33}$ $= 7,70 \text{ mm}$ Syarat : $f_{\max} \leq 1 / 200$ $7,70 \leq 4000 / 200$ $7,70 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm} \rightarrow$ (OK) (Butir 2.8.2.) | $E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$ (Tabel 2.19.) $I_x = 1/12 \times b \times d^3$ $= 1/12 \times 8 \times 14^3$ $= 1829,333 \text{ cm}^4$ $f_{\max} = \frac{5ql^4}{384E_w'I_x} + \frac{PL^3}{48E'I_x}$ $= \frac{5 \times 0,798 \times 300^4}{384 \times 10^5 \times 1829,33}$ $+ \frac{100 \times 300^3}{48 \times 10^5 \times 1829,33}$ $= 0,77 \text{ cm}$ Syarat : $f_{\max} \leq 1 / 200$ $0,77 \leq 400 / 200$ $0,77 \text{ cm} \leq 2 \text{ cm} \rightarrow$ (OK) (Butir 2.8.1.) |
| Faktor-Faktor Koreksi | 1. Faktor tahanan (Φ) : (Tabel 2.11.) a. Lentur (Φ_b) = 0,85 b. Stabilitas (Φ_s) = 0,85 c. Geser / Puntir (Φ_v) = 0,75 2. Faktor waktu (λ) = 1 (Tabel 2.10.) - Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah : 1,2D + 1,3W + 0,5 (L atau La). | 1. Faktor lingkungan (β) = 1 - Untuk konstruksi yang terlindung (Butir 2.5.2.) 2. Faktor sifat muatan (γ) = 1 - Konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin. (Butir 2.5.1.) 3. Faktor mutu Kayu (α) = 1 - Kelas mutu kayu A (Butir 2.5.3.) |

| | RSNI | PKKI |
|----------------------------------|--|------|
| Faktor-Faktor Koreksi (Lanjutan) | <p>3. Faktor koreksi layan basah (C_M) : (Tabel 2.12.) → Untuk balok kayu besar. a. Untuk $F_b = 1$ b. Untuk $F_v = 1$ c. Untuk $E = 1$</p> <p>4. Faktor koreksi temperatur (C_t) : (Tabel 2.13.) → $25^{\circ}\text{C} < 38^{\circ}\text{C}$, kondisi kering. a. Untuk $F_b = 1$ b. Untuk $F_v = 1$ c. Untuk $E = 1$</p> <p>5. Faktor koreksi ukuran (C_F) = 1</p> <p>6. Faktor koreksi stabilitas balok (C_L) : $l_u / d = 4000 / 140 = 20$ → karena $21,43 > 14,3$, maka rumus $l_e = 1,63l_u + 3d$. $l_e = (1,63 \times 3000) + (3 \times 140) = 5310 \text{ mm}$ $C_b = 0,95$ $E_{y05} = 9971,916 \text{ MPa}$ $E'_{y05} = 9971,916 \times C_M \times C_t$ $= 9971,916 \times 1 \times 1$ $= 9971,916 \text{ MPa}$ $I_y = 1/12 \times d \times b^3$ $= 1/12 \times 140 \times 80^3$ $= 5973333,33 \text{ mm}^4$ $M_e = 2,4 E'_{y05} (I_y / l_e)$ $= 2,4 \times 9971,916 \times (5973333,33 / 5310)$ $= 26922294,39 \text{ Nmm}$ $S_x = 1/6 \times b \times d^2$ $= 1/6 \times 80 \times 140^2$ $= 261333,33 \text{ mm}^3$ $M_x^* = F_b \times S_x \times C_M \times C_t \times C_F$ $= 19,944 \times 261333,33 \times 1 \times 1 \times 1$ $= 5211987,93 \text{ Nmm}$ $\alpha_b = (\Phi_s M_e) / (\lambda \Phi_b M_x^*)$</p> | |

| | RSNI | PKKI |
|----------------------------------|--|--|
| Faktor-Faktor Koreksi (Lanjutan) | $= \frac{(0,85 \times 26922294,39)}{(1 \times 0,85 \times 5211987,93)}$ $= 5,165$ $C_L = \frac{1 + \alpha_b}{2c_b} - \sqrt{\left(\frac{1 + \alpha_b}{2c_b}\right)^2 - \frac{\alpha_b}{c_b}}$ $= \frac{1 + 5,165}{2 \times 0,95} - \sqrt{\left(\frac{1 + 5,165}{2 \times 0,95}\right)^2 - \frac{5,165}{0,95}}$ $= 0,988$ | |
| Cek Lentur | <p><u>Tahanan Lentur:</u></p> $M_{ux} = 1/8 \times q \times l^2 \times \cos 35^0$ $= 1/8 \times 1,170 \times 3000^2 \times \cos 35^0$ $= 1077840,26 \text{ Nmm}$ $M_{uy} = 1/8 \times q \times l^2 \times \sin 35^0$ $= 1/8 \times 1,170 \times 3000^2 \times \sin 35^0$ $= 188677,969 \text{ Nmm}$ $M'_x = F_b \times S_x \times C_M \times C_t \times C_F \times C_L$ $= 19,944 \times 261333,33 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,992$ $= 5171812,56 \text{ Nmm}$ $M'_y = F_b \times S_y \times C_M \times C_t \times C_F \times C_L$ $= 19,944 \times 149333,3 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,992$ $= 2955321,46 \text{ Nmm}$ <p>Syarat :</p> $M_{ux} \leq \lambda \Phi_b M'_x$ $1077840,26 \leq 1 \times 0,85 \times \frac{5171812,56}{4378393,59 \text{ Nmm}} \rightarrow \text{(OK)}$ $M_{uy} \leq \lambda \Phi_b M'_y$ $188677,969 \text{ Nmm} \leq \frac{2501939,20 \text{ Nmm}}{2501939,20 \text{ Nmm}} \rightarrow \text{(OK)}$ <p><u>Tahanan Geser :</u></p> $V_u = 1/2 \times q \times l$ $= 1/2 \times 1,170 \times 3000$ $= 1755 \text{ N}$ | <p><u>Tegangan Lentur (Momen) :</u></p> $M_{x \text{ max}} = 1/8 \times q \times l^2 \times \cos 35^0$ $= 1/8 \times 1,198 \times 300^2 \times \cos 35^0$ $= 11040,12 \text{ kgcm}$ $W_x = 1/6 \times b \times d^2$ $= 1/6 \times 8 \times 14^2$ $= 261,33 \text{ cm}^3$ $\sigma_{ltx} = M_{x \text{ max}} / W_x$ $= 11040,12 / 261,33$ $= 42,25 \text{ kg/cm}^2$ $M_{y \text{ max}} = 1/8 \times q \times l^2 \times \sin 35^0$ $= 1/8 \times 1,198 \times 300^2 \times \sin 35^0$ $= 7730,38 \text{ kgcm}$ $W_y = 1/6 \times d \times b^2$ $= 1/6 \times 14 \times 8^2$ $= 149,33 \text{ cm}^3$ $\sigma_{lty} = M_{y \text{ max}} / W_y$ $= 7730,38 / 149,33$ $= 51,77 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\sigma}_{lt} = 130 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabel 2.4.)}$ $\sigma_{resultan} = \sqrt{\sigma_{ltx}^2 + \sigma_{lty}^2}$ $= \sqrt{42,25^2 + 51,77^2}$ $= 66,82 \text{ kg/cm}^2$ <p>Syarat :</p> $\bar{\sigma}_{lt} \leq \sigma_{lt} \times \alpha \times \beta \times \gamma$ $66,82 \leq 130 \times 1 \times 1 \times 1$ $66,82 \text{ kg/cm}^2 \leq 130 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{(OK)}$ |

| | RSNI | PKKI |
|-----------------------|--|---|
| Cek Lentur (Lanjutan) | $V' = F_v \times 2/3 \times b \times d \times C_M \times C_t \times C_F \times C_L$ $= 4,494 \times 2/3 \times 80 \times 140 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,988$ $= 33165,71 \text{ N}$ <p>Syarat : $V_u \leq \lambda \Phi_v V'$ $1755 \leq 1 \times 0,75 \times 33165,71$ $1755 \text{ N} \leq 24874,28 \text{ N} \rightarrow \text{(OK)}$</p> | <p><u>Tegangan Geser :</u> $V_{\max} = 1/2 \times q \times l$ $= 1/2 \times 1,198 \times 300$ $= 179,7 \text{ kg}$ $\tau = 3/2 (V_{\max} / b d)$ $= 3/2 \times (179.7 / (8 \times 14))$ $= 2.407 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\tau}_{//} = 15 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabel 2.4.)}$</p> <p>Syarat : $\tau \leq \bar{\tau}_{//} \alpha \times \beta \times \gamma$ $2,407 \leq 15 \times 1 \times 1 \times 1$ $2,407 \text{ kg/cm}^2 \leq 15 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{(OK)}$</p> |
| Cek Aksial Tekan | <p><u>Tahanan aksial tekan</u> Faktor tahanan (Φ) dan Faktor waktu (λ) 1. Faktor tahanan tekan = $\Phi_c = 0,90$ 2. Faktor waktu = $\lambda = 1$</p> <p>Tahanan tekan terkoreksi (P') $P' = P C_1 C_2 \dots C_n$ $P = \text{Tahanan tekan acuan}$ $= 24,97 \text{ Mpa}$ $= 24,97 \times 80 \times 140$ $= 279685,46 \text{ N}$ $C_i = \text{Faktor koreksi}$</p> <p>Faktor koreksi untuk masa layan 1. Faktor koreksi layan basah (C_M) = 0,80 2. Faktor koreksi temperatur (C_t) Untuk temperatur < 38°C, maka $C_t = 1$</p> <p>Faktor koreksi untuk konfigurasi komponen struktur 1. Faktor koreksi stabilitas kolom (C_p) (Persamaan (2.18))</p> | <p>Tidak ditinjau</p> |

| | RSNI | PKKI |
|--------------------------------|--|------|
| Cek Aksial Tekan (Lanjutan) | $C_f = \frac{1 + \alpha_c}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1 + \alpha_c}{2c}\right)^2 - \frac{\alpha_c}{c}}$ <p>dengan:</p> $\alpha_c = \frac{\Phi_s P_s}{\lambda \Phi_c P'_0} \text{ Persamaan (2.19)}$ $P_s = \frac{\pi^2 E'_{0s} A}{[k_s l]^2} \text{ Persamaan (2.20)}$ $\frac{k_s \times l}{r} < 175$ $\frac{1 \times 3000}{23,09} < 175$ $129,90 < 175$ $P_e = \frac{\pi^2 \times 9971,92 \times 4000}{129,90^2}$ $= 65373,56 \text{ N}$ $P'_0 = 24,97 \text{ Mpa}$ $= 24,97 \times 80 \times 140$ $= 279685,46 \text{ N}$ $\Phi_s = 0,85$ $\Phi_c = 0,90$ $\lambda = 1$ $\alpha_c = \frac{\Phi_s P_s}{\lambda \Phi_c P'_0}$ $= \frac{0,85 \times 65373,56}{1 \times 0,9 \times 279685,46}$ $= 0,221$ $c = 0,8$ $C_p = 0,210$ <p>2. Faktor koreksi bentuk (C_f) Untuk komponen struktur berpenampang persegi panjang, maka $C_f = 1,40$</p> <p>Faktor koreksi tambahan untuk kayu struktural dan kayu laminasi struktural</p> <p>1. Faktor koreksi kekakuan tekuk (CT)</p> $C_T = 1 + \frac{K_M L_x}{E'_{0E}} \text{ Persamaan (2.25)}$ $= 1 + \frac{0,326 \times 3000}{9971,92}$ $= 1,10$ | |

| | RSNI | PKKI |
|--------------------------------------|--|--|
| Cek Aksial Tekan (Lanjutan) | $C_T = 1$, karena dimensi batang lebih besar dari 50 x 100 mm Faktor koreksi (C_i) $C_i = C_1 C_2 \dots C_n$ $C_i = 0,29$ Tahanan tekan terkoreksi (P') $P' = P C_1 C_2 \dots C_n$ $P' = 279685,46 \times 0,17$ $= 82084 \text{ N}$ Syarat: $P_u \leq \lambda \Phi_c P'$ $2000 \leq 1 \times 0,90 \times 82084$ $2000 \text{ N} \leq 73875,63 \text{ N (OK)}$ | |
| Cek Kombinasi Lentur-Aksial Tekan | $M_{mx} = B_{bx} M_{bx} + B_{sx} M_{sx}$ Persamaan (2.34) $B_{bx} = \frac{C_{mx}}{\left(1 - \frac{P_u}{\Phi_c P_{ex}}\right)} \geq 1.0$ Persamaan (2.36) $= \frac{1}{1 - \frac{2000}{0,9 \times 65373,56}} \geq 1$ $= 1,035 \geq 1$ $B_{by} = \frac{C_{my}}{\left(1 - \frac{P_u}{\Phi_c P_{ey}} - \left(\frac{M_{ux}}{\Phi_b M_e}\right)^2\right)} \geq 1.0$ $= \frac{1}{1 - \frac{20000}{0,9 \times 65373,5577} - \left(\frac{1077840,26}{0,85 \times 26922294,39}\right)^2} \geq 1$ $= 1,038$ $\left(\frac{P_u}{\lambda \Phi_c P'}\right)^2 + \frac{M_{mx}}{\lambda \Phi_b M'_x} + \frac{M_{my}}{\lambda \Phi_b M'_y} \leq 1.0$ | $\sigma_{tk//} = \frac{S\omega}{F_{br}} + \Phi_2 \frac{M}{W_n} \leq \bar{\sigma}_{tk//}$ $\Phi_2 = \bar{\sigma}_{tk//} / \bar{\sigma}_{lt//}$ $\lambda = \frac{l_k}{i_{\min}}$ $= \frac{3000}{23,09} < 150$ $= 129,90 < 150 \text{ (OK)}$ $\omega = 3,28$ $\sigma_x = \frac{200 \times 3,28}{8 \times 14} + \frac{110}{130} 42,25$ $\leq \bar{\sigma}_{tk//}$ $= 41,6 \text{ kg/cm}^2 \leq 137,5 \text{ kg/cm}^2$ (OK) $\sigma_y = \frac{200 \times 3,28}{8 \times 14} + \frac{110}{130} 51,77$ $\leq \bar{\sigma}_{tk//}$ $= 49,65 \text{ kg/cm}^2 \leq 137,5 \text{ kg/cm}^2$ (OK) $\sigma_{resultan} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$ $= \sqrt{41,6^2 + 49,65^2} = 64,78$ $\text{kg/cm}^2 \leq 137,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$ |

| | RSNI | PKKI |
|--|--|--|
| Cek Kombinasi Lentur-Aksial Tekan (Lanjutan) | $= \left(\frac{2000}{73875,6^2} \right)^2 + \frac{1,035 \times 1077840,26}{4378393,59}$ $+ \frac{1,038 \times 188677,969}{2501939,20} \leq 1$ $= 0,334 \leq 1 \text{ (OK)}$ | |
| Kesimpulan | Balok tunggal tersebut dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja. | Balok tunggal tersebut dapat digunakan untuk menahan beban yang bekerja. |