

**KINERJA KOLOM KAYU HOLLOW LAMINASI PADA BERBAGAI
VARIASI LUAS LUBANG**
*Performance of Hollow Laminated Timber Columns at
Various Opening Area*

Arrijal Saputra*, I Wayan Sugiarta**, Aryani Rofaida**

Abstrak

Keterbatasan ukuran kayu saat ini menyebabkan masalah tersendiri dalam hal memenuhi kayu sebagai bahan struktural. Pemanfaatan kayu laminasi dimaksudkan untuk mengurangi penggunaan kayu solid dengan dimensi besar sebagai bahan struktural. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meninjau kapasitas tekan kolom kayu hollow sejajar arah serat dengan memvariasikan luas lubang dan menyamakan momen inersia pada jenis kolom pendek.

Pengujian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis kayu yakni pengujian kadar air, berat jenis, kuat tekan sejajar serat, dan kuat lekat. Adapun variasi luas lubang kolom kayu hollow yang digunakan dalam pengujian yakni 40%, 30%, 20%, dan solid dengan dimensi 15/15 cm. Kemudian pengujian kolom kayu dilakukan menggunakan alat Hidraulic jack dengan kapasitas 50 ton. Pembebanan menggunakan jenis beban statis jangka pendek dan sejajar serat batang dengan asumsi perletakan sendi-sendi. Pembacaan pembebanan dilakukan secara mekanis dan dilakukan setiap kenaikan 1 ton.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil persentase luas lubang maka semakin besar kapasitas pembebanan yang diterima oleh kolom dengan nilai rata-rata setiap prosentase luas lubang 40%, 30%, 20% dan solid berturut-turut yakni 266,667 KN, 303,333 KN, 350,00 KN, dan 376,667 KN. Pola keruntuhan yang terjadi pada kolom kayu hollow dan solid adalah keruntuhan tekan atau keruntuhan material (crushimg failure).

Kata kunci : Kolom kayu Hollow, Luas lubang dan Momen Inersia

PENDAHULUAN

Pada struktur bangunan, kolom merupakan elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan. Kebutuhan pembuatan struktur kolom kayu biasanya menggunakan kayu kelas kuat dan berdimensi cukup besar serta utuh (solid), namun mengingat produksi kayu yang semakin menipis dan ketersediaanya di pasaran sulit, kolom bisa direkayasa atau diaplikasikan menggunakan kayu laminasi seperti kolom kayu *hollow*. Berdasarkan penelitian terdahulu, sebagian besar masih meneliti perbandingan kuat tekan antara kolom kayu *hollow* dengan kolom kayu solid yang memiliki momen inersia berbeda. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian tentang kinerja kolom kayu *hollow* dengan memvariasikan luas lubang kolom dengan momen inersia sama dan kolom kayu solid sebagai kontrol. Adapun tujuan dari Penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar gaya tekan sejajar serat maksimum yang mampu diterima kolom kayu *hollow* dengan luas lubang yang variatif dan kolom kayu solid yang memiliki momen inersia sama, untuk mengetahui pola keruntuhan yang terjadi pada kolom kayu *hollow* dengan luas lubang yang variatif dan kolom kayu solid yang memiliki momen inersia sama.

* Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram

** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram

TINJAUAN PUSTAKA

Kayu Laminasi

Sucipto (2009), kayu lamina atau *gluelam* adalah papan yang direkat dengan lem tertentu secara bersama-sama dengan arah serat paralel menjadi satu unit papan. Ketebalan bersih masing-masing lamina tidak melampaui 50 mm (SNI 7973-2013). Kadar air pada tiap lapisan sebesar 16% atau kurang sebelum dilekatkan, perbedaan kadar air tiap lapisan dibatasi sampai 5 % (Brayer, 1996 dan Fakhri, 2001 dalam Rofaida, 2008). Kayu laminasi dalam aplikasinya memberi beberapa keuntungan antara lain kekuatan yang besar, cross section yang lebih besar, lebih ekonomis, bentangan yang lebih besar, dan bentuk yang bisa bervariasi (Rofaida, 2008).

Perekatan

Pada dasarnya proses pelaburan perekat dapat dilakukan dengan dua cara, yakni pelaburan dengan satuan MSGL dan pelaburan dengan satuan MDGL. Perbedaan antara keduanya yakni pada kasus pertama, perekat dilaburkan pada hanya satu permukaan atau salah satu permukaan dari kedua bahan yang akan direkat atau yang ditangkupkan, sedangkan pada kasus yang kedua perekat dilaburkan pada kedua permukaan bahan yang akan direkatkan. (Prayitno, 1996).

Kolom Kayu *Hollow*

Kolom kayu *hollow* merupakan lembaran kayu gergajian yang direkatkan sedemikian rupa sehingga terbentuk komponen struktur panjang, langsing dan dibebani secara aksial tekan yang di tengah penampangnya berlubang (Arifin, 2014).

Perencanaan Struktur Tekan

Menurut RSNI T-02-2003, komponen struktur tekan direncanakan hingga memenuhi persamaan :

$$Pu \leq \lambda \phi_c P' \quad \dots \dots \dots (1)$$

Tahanan tekan kolom di tentukan berdasarkan kelangsingan penampang kolom pada arah yang paling kritis. Tahanan tekan kolom terkoreksi ditetapkan sebagai berikut :

$$P' = C_p A F_c^* = C_p P_o' \quad \dots \dots \dots (2)$$

Faktor kestabilan kolom C_p , dihitung sebagai berikut :

$$C_p = \frac{1+a_c}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1+a_c}{2c}\right)^2 - \frac{a_c}{c}} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$a_c = \frac{\phi_s P_e}{\lambda \phi_c P_o'} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$P_e = \frac{\pi^2 E'_{0.5} I}{(K_e l)^2} = \frac{\pi^2 E'_{0.5} A}{\left(\frac{K_e l}{r}\right)^2} \quad \dots \dots \dots (5)$$

dengan : P_u : Gaya tekan berfaktor (N), λ : Faktor waktu, ϕ_c : Faktor tahanan tekan sejajar serat (0,9), P : Beban (N), P' : Tahanan tekan terkoreksi (N), C_p : Faktor kesetabilan kolom, F_c^* : Kuat tekan terkoreksi sejajar serat (N), P_o' : Tahanan tekan aksial terkoreksi sejajar serat pada kelangsingan nol (N), c : 0,8 untuk batang massif, c : 0,9 untuk *glulam* (kayu laminasi struktural) dan kayu komposit, P_e : Tahanan tekuk kritis (*Euler*) pada arah yang ditinjau (N), $E_{0.5}$: Nilai modulus elastis lentur terkoreksi pada persentil ke lima (MPa), K_e : Angka kelangsingan, L : Panjang kolom (mm), r : Jari-jari girasi (mm), I : Momen inersia (mm⁴).

Kelangsingan kolom adalah perbandingan antara panjang efektif kolom pada arah yang ditinjau terhadap jari-jari girasi penampang kolom pada arah itu (RSNI T-02-2003) :

$$\text{Kelangsingan} = \frac{K_e L}{r} \dots\dots\dots (6)$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \dots\dots\dots (7)$$

dengan : L : Panjang kolom (mm), r : Jari-jari girasi (mm), I : Momen inersia (mm⁴), A : Luas (mm²)

Pola Keruntuhan Kolom

Pola keruntuhan yang terjadi pada kolom pendek dengan nilai kelangsingan kolomnya yang sangat kecil, akan memungkinkan terjadinya kegagalan tekan (*crushing failure*) pada penampang kolom. Sedangkan pola keruntuhan pada kolom panjang dengan nilai nilai kelangsingan kolomnya yang tinggi maka akan terjadi kegagalan tekuk pada kolom sebelum mencapai kuat tekan yang telah direncanakan.

METODE PENELITIAN

Pengujian sifat fisik dan mekanis

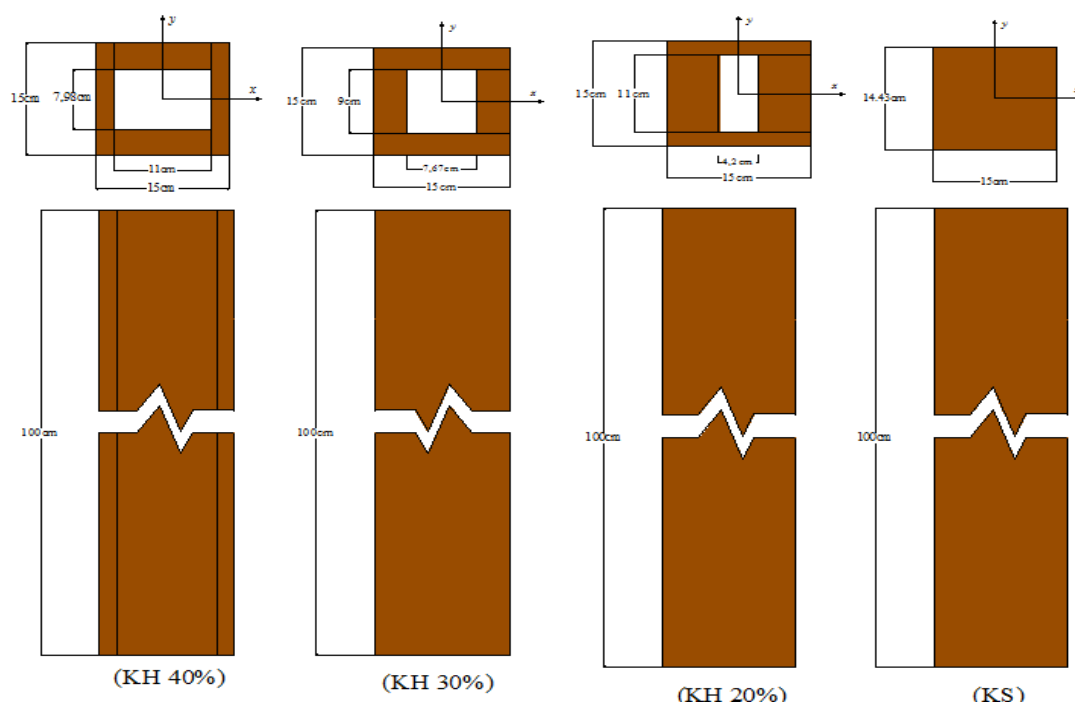
Sebelum melakukan pengujian kolom kayu *hollow* terlebih dahulu dilakukan pengujian fisik dan mekanis kayu yang ditujukan untuk mengetahui bahan kayu yang digunakan layak atau tidak untuk digunakan dalam pembuatan spesimen benda uji kolom *hollow*. Pengujian fisik kayu meliputi pengujian kadar air dan berat jenis kayu yang bertujuan untuk mengetahui berapa kadar air yang terkandung dalam kayu dan mengetahui berat jenis dari kayu. Pembuatan benda uji untuk kadar air dan berat jenis yakni mengacu pada SNI 03-6850-2002 dan alat yang digunakan dalam pengujian yakni timbangan dan oven. Untuk pengujian mekanis kayu yakni kuat tekan sejajar serat dan kuat lekat dilakukan untuk menunjang pengujian kolom kayu *hollow*. Untuk pengujian kuat tekan sejajar serat dilakukan untuk mengetahui mutu kayu yang digunakan dan pengujian kuat lekat bertujuan untuk mengetahui daya geser perekat yang digunakan. Pembuatan benda uji kuat tekan sejajar serat mengacu pada SNI 03-3958-1995 dan untuk pembuatan kuat lekat mengacu pada penelitian sebelumnya yakni, pada penelitian Anshari (2006). Alat yang digunakan dalam pengujian mekanis kuat tekan sejajar serat yakni *Compression Testing Machine* sedangkan alat yang digunakan untuk kuat lekat adalah *Advantest 9*.

Pengujian kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid

Spesimen kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid dibuat dengan luas (A) yang berbeda namun memiliki inersia yang sama (I). kolom kayu *hollow* memiliki dimensi 15/15 cm dengan variasi luas lubang 40%, 30%, dan 20% sementara kolom kayu solid memiliki dimensi 15/14,4 cm. Untuk lebih lengkapnya spesimen kolom kayu *hollow* dan kayu solid dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi spesimen kolom kayu *hollow* dan kayu solid

| Kode | L (cm) | B (cm) | d (cm) | A (cm ²) | I (cm ⁴) | Jenis Kolom | Jumlah sampel |
|--------|--------|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------|---------------|
| KH 40% | 100 | 15 | 15 | 1372,2 | 3753 | Kolom pendek | 3 |
| KH 30% | 100 | 15 | 15 | 1559,7 | 3753 | Kolom pendek | 3 |
| KH 20% | 100 | 15 | 15 | 1788 | 3753 | Kolom pendek | 3 |
| KS | 100 | 15 | 14,4 | 2164,5 | 3753 | Kolom pendek | 3 |
| Jumlah | | | | | | | 12 |



Gambar 1 Detail kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid

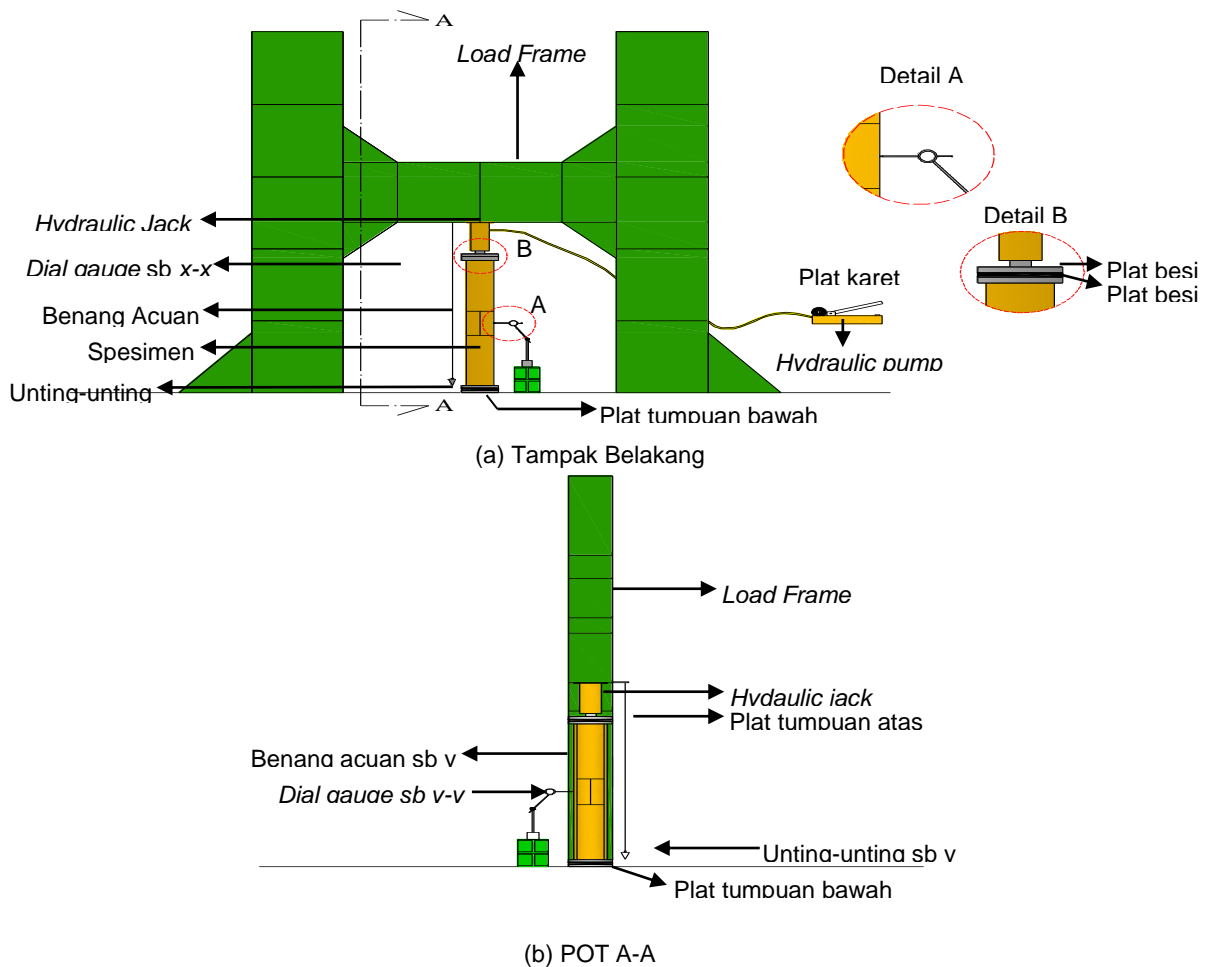
Pembuatan kolom kayu *hollow* melalui proses pengeringan, perekatan dengan perekat Epoxy, dan pengempaan dengan tekanan kempa 0,6 dengan menggunakan *Hydraulic jack* yang dilekatkan pada sebuah *frame* dan pengempaan ini dilakukan selama 24 jam untuk memaksimalkan hasil perekatan.

Adapun prosedur pengujian untuk kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid sebagai berikut :

- Pengujian kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid menggunakan alat *Hidraulic jack* dengan kapasitas 50 ton. Pembebanan menggunakan jenis beban statis jangka pendek dan sejajar serat batang dengan asumsi perletakan sendi-sendi. Pembacaan pembebanan dilakukan secara mekanis dan dilakukan setiap kenaikan 1 ton. Spesimen kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid dipersiapkan terlebih dahulu
- Sebelum dilakukan pengujian, alat-alat yang digunakan diseting sedemikian rupa seperti, *Hidraulic jack* diletakkan pada *Loading frame*.

- c. Kemudian spesimen diletakkan diatas tumpuan karet yang dilapisi plat baja dengan asumsi perletakan sendi-sendi
- d. Pemasangan unting-unting pada spesimen untuk memastikan bahwa beban bekerja sentris pada penampang spesimen
- e. Setelah pemasangan unting-unting, *Dial gauge* dipasang pada arah sumbu X dan sumbu Y disekeliling spesimen untuk mengukur besar lendutan yang terjadi pada spesimen
- f. Setelah setting alat dilakukan, barulah pembebanan dilakukan secara bertahap dengan kenaikan beban sebesar 1 ton
- g. Saat pembacaan beban dengan kenaikan 1 ton, saat itu juga pembacaan besar lendutan pada *Dial gauge* dilakukan dan dicatat
- h. Pembebanan dilakukan hingga spesimen runtuh dan hasil keruntuhan dicatat dan didokumentasikan

Set up pengujian dapat dilihat pada gambar 2 berikut :



Gambar 2 Set up pengujian kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid

Pengumpulan dan Analisa Data

Pengumpulan data penelitian berdasarkan rumusan masalah yang dibagi menjadi dua data penelitian. Data pertama merupakan hasil pengujian kuat tekan sejajar serat pada kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid, berupa nilai beban, nilai lendutan serta pola keruntuhan pada spesimen kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid.

Untuk data kedua didapat dari hasil analisa perbandingan antara beban kritis sejajar serat pada kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid. Analisa data dilakukan menggunakan program *Microsoft Excel* dengan penyajian data dalam bentuk grafik dan tabel yang nantinya akan dibandingkan dengan teori-teori yang ada serta penelitian terdahulu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Kayu

Pengujian sifat fisik dan mekanis yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kadar air, berat jenis, kuat tekan sejajar serat dan kuat lekat. Pengujian sifat fisik dan mekanis didasarkan pada standar SNI pengujian kayu. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanis kayu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanis kayu

| No. | Kadar Air (%) | Berat Jenis | Kuat Tekan (MPa) | Kuat Lekat (MPa) |
|-----------|---------------|-------------|------------------|------------------|
| 1 | 14,92 | 0,87 | 40 | 7,81 |
| 2 | 14,19 | 0,88 | 42 | 7,36 |
| 3 | 14,87 | 0,87 | 46 | 7,41 |
| Rata-Rata | 14,66 | 0,87 | 43 | 7,53 |

Berdasarkan Tabel 2 rerata kadar air kayu Rajumas yang diperoleh dari hasil pengujian adalah sebesar 14,66%. Hal ini menunjukkan kayu Rajumas tergolong dalam kayu struktural serta memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan kayu laminasi yakni kurang dari 16%. Untuk nilai rata-rata berat jenis kayu Rajumas adalah sebesar 0,87, hasil ini menunjukkan bahwa kayu Rajumas tergolong dalam kayu berat dengan berat jenis lebih dari 0,56. Berdasarkan PPKI 1961, kayu Rajumas ini tergolong dalam kelas kayu kuat II dengan berat jenis 0,6 sampai 0,9. Sedangkan pada Tabel 2 juga didapatkan kuat tekan sejajar serat dengan nilai rata-rata sebesar 43 MPa. Berdasarkan nilai kuat tekan sejajar serat rata-rata yakni 43 MPa, kayu Rajumas ini tergolong dalam mutu kayu E23 sesuai dengan standar RSNI T-02-2003. Sementara nilai rata-rata kuat lekat pada Tabel 2 yakni 7,528 MPa, maka kayu Rajumas dengan perekat Epoxy sudah memenuhi syarat kuat lekat laminasi minimum yakni lebih besar 5,5 MPa pada kondisi kering (kadar air lebih kecil 16%) dan 4,1 MPa pada kondisi basah (kadar air lebih besar 16%).

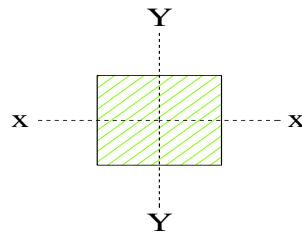
Kapasitas Tekan Pada Kolom Kayu *Hollow* Dengan Variasi Luas Lubang dan Kolom Kayu Solid Hasil Eksperimen

Tabel 3. Hasil Pengujian Kolom kayu *hollow* dan solid

| No | Kode Sampel | P(N) | A(mm ²) | Fc (Mpa) | Rata-rata (Mpa) | Rata-rata (Mpa) | Lendutan (mm) | Rata-rata (mm) |
|----|-------------|--------|---------------------|----------|-----------------|-----------------|---------------|----------------|
| 1 | KH I 40% | 270000 | 13722 | 19,676 | 19,4335 | 19,4855 | 5,25 | 4,81 |
| 2 | KH II 40% | 260000 | 13722 | 18,948 | | | 3,92 | |
| 3 | KH III 40% | 270000 | 13722 | 19,676 | | | 5,26 | |
| 4 | KH I 30% | 300000 | 15597 | 19,234 | 19,4482 | 19,4855 | 4,02 | 3,81 |
| 5 | KH II 30% | 310000 | 15597 | 19,876 | | | 4,58 | |
| 6 | KH III 30% | 300000 | 15597 | 19,234 | | | 2,83 | |
| 7 | KH I 20% | 360000 | 17880 | 20,134 | 19,5749 | 19,4855 | 3,20 | 4,83 |
| 8 | KH II 20% | 340000 | 17880 | 19,016 | | | 6,60 | |
| 9 | KH III 20% | 350000 | 17880 | 19,575 | | | 4,70 | |
| 10 | KS I | 380000 | 21450 | 17,716 | 17,5602 | 17,5602 | 3,32 | 4,42 |
| 11 | KS II | 370000 | 21450 | 17,249 | | | 4,45 | |
| 12 | KS III | 380000 | 21450 | 17,716 | | | 5,50 | |

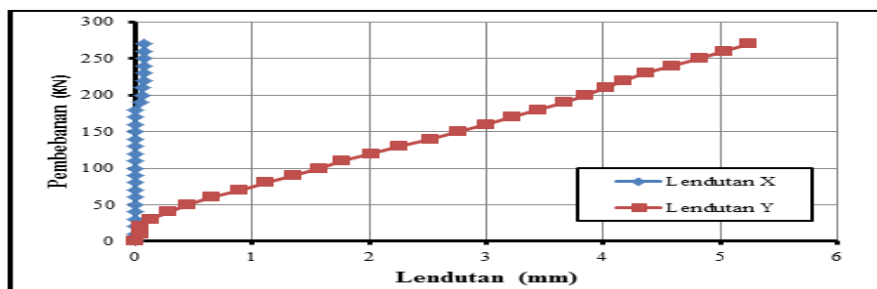
Berdasarkan Tabel 3 hasil penelitian untuk kolom kayu *hollow* dengan kode sampel KH 40% memiliki kapasitas tekan rata-rata 19,4335 MPa. Kolom kayu *hollow* dengan kode sampel KH 30% memiliki kapasitas tekan rata-rata 19,4482 MPa. Untuk Kolom kayu *hollow* dengan kode sampel KH 20% memiliki kapasitas tekan rata-rata 19,5749 MPa. Sementara kolom kayu solid dengan kode sampel KS memiliki kapasitas tekan rata-rata 17,5602 MPa. Hasil tersebut menyatakan bahwa semakin besar prosentase luas lubang maka kapasitas yang diterima oleh kolom semakin kecil begitu sebaliknya namun untuk kolom kayu solid memiliki kapasitas tekan rata-rata yang paling kecil, itu dikarenakan luasan penampang yang dimiliki jauh lebih besar dibandingkan kolom kayu *hollow*, sehingga mengakibatkan kapasitas yang kecil dalam satuan MPa.

Pada pengujian ini besarnya lendutan yang terjadi diukur dalam dua sumbu yakni sumbu X dan sumbu Y. Lendutan yang terjadi pada sumbu X mewakili lendutan yang terjadi pada arah kiri dan kanan spesimen, sementara lendutan yang terjadi pada sumbu Y mewakili lendutan yang terjadi pada arah depan dan belakang spesimen. Pembacaan besarnya lendutan diasumsikan bernilai positif jika jarum pada *Dial gauge* bergerak searah jarum jam dan bernilai negatif jika *Dial gauge* bergerak berlawanan jarum jam. Pola pengukuran besar lendutan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Pola pengukuran nilai lendutan

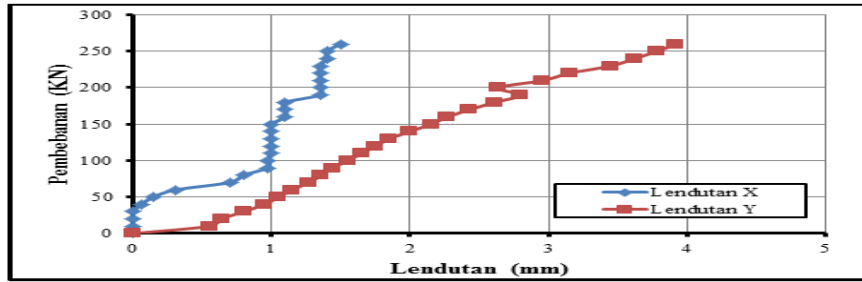
Adapun hubungan antara besarnya pembebanan dengan lendutan yang terjadi pada pengujian kuat tekan sejajar serat kolom kayu *hollow* untuk KH I 40%.



Gambar 4. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KH I 40%

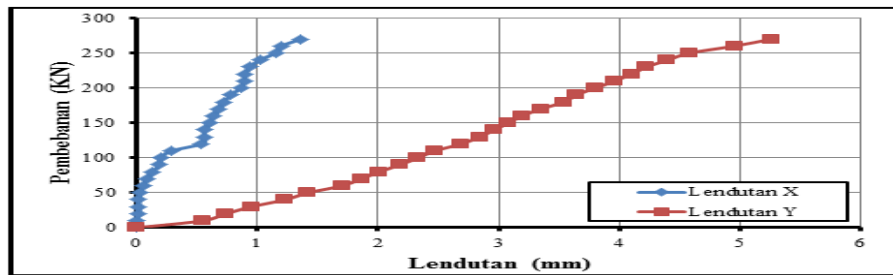
Gambar 4 menunjukkan bahwa kapasitas tekan maksimum yang dapat diterima oleh kolom dengan kode sampel KH I 40% adalah 270 KN dengan besarnya lendutan yang terjadi pada sumbu X sebesar 0,08 mm dan sumbu Y sebesar 5,25 mm. Terlihat pada pembebanan 270 KN lendutan maksimum terjadi pada sumbu Y, yang berarti sumbu tersebut adalah sumbu lemah pada sampel KH I 40% dan sumbu X adalah sumbu kuat pada sampel yang ditunjukkan dalam Gambar 4 yang hampir tidak terjadi lendutan. Pada sampel juga terjadi deformasi yang biasa terjadi pada kolom khususnya kolom pendek yakni berupa pemendekan sampel pada bagian dekat tumpuan sebesar 1 mm pada lapisan kayu bagian depan sumbu Y yang merupakan tempat terjadinya lendutan paling besar dan

merupakan sumbu lemah. Untuk KH 40% II hubungan antara besarnya pembebanan dengan lendutan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 5.



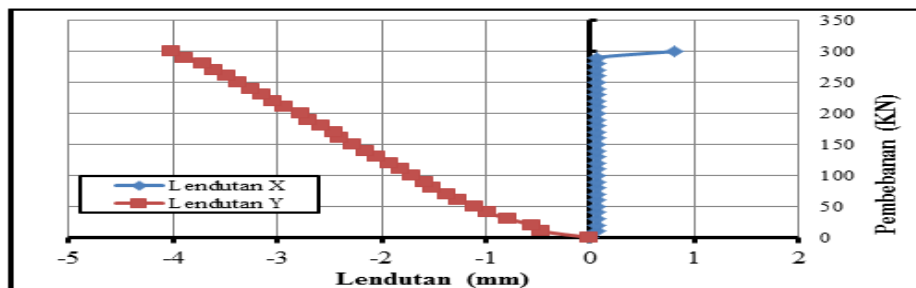
Gambar 5. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KH II 40%

Berdasarkan Gambar 5 pembebanan maksimum dari kode sampel KH II 40% adalah 260 KN dengan besarnya lendutan yang terjadi pada sumbu X sebesar 2,63 mm dan sumbu Y sebesar 3,92 mm. KH II 40% tidak mampu lagi menerima pembebanan di atas 260 KN oleh karena itu pembebanan dihentikan. Pemendekan juga terjadi pada sampel KH II 40% sebesar 1 mm pada lapisan kayu bagian depan sumbu Y. Hubungan antara besarnya pembebanan dengan lendutan yang terjadi pada pengujian kuat tekan sejajar serat untuk kode sampel KH III 40% dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



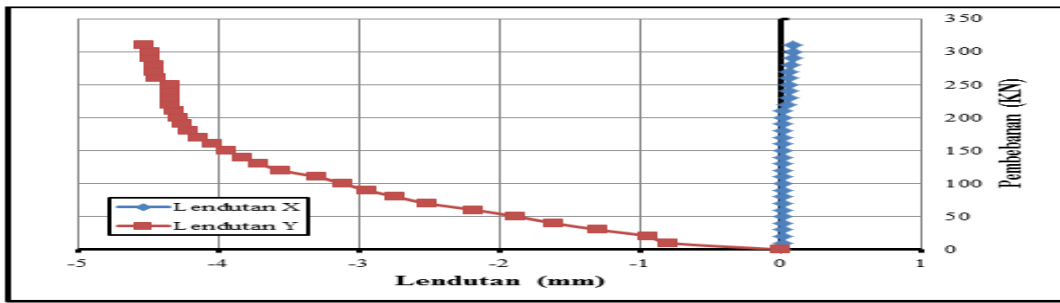
Gambar 6. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KH III 40%

Kapasitas tekan maksimum yang diterima KH III 40% adalah pada pembebanan 270 KN, besarnya lendutan yang terjadi pada sumbu X adalah sebesar 1,36 mm dan yang terjadi pada sumbu Y sebesar 5,26 mm. dengan demikian sumbu Y adalah sumbu yang terlemah dari sampel yang menunjukkan lendutan terbesar dan memiliki kelangsingan yang besar pula. Hubungan antara besarnya pembebanan dengan lendutan pada sampel KH I 30% yang disajikan dalam Gambar 7.



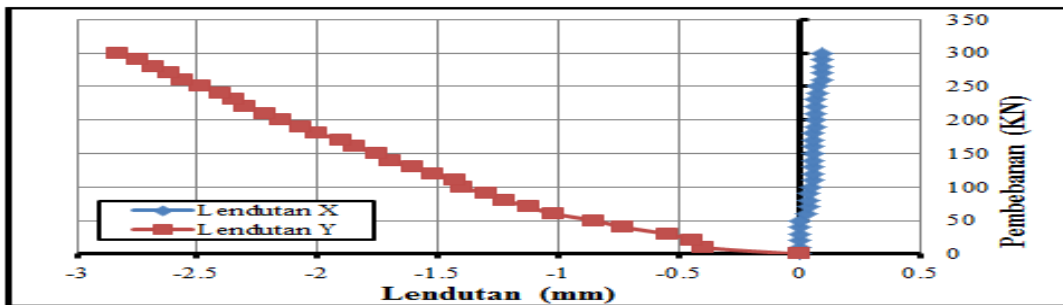
Gambar 7. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KH I 30%

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa beban maksimum yang dapat ditahan oleh sampel KH I 30% adalah 300 KN dengan besarnya lendutan yang terjadi pada sumbu X sebesar 0,8 mm dan sumbu Y sebesar -4,02 mm. Pemendekan yang terjadi sebesar 2 mm.



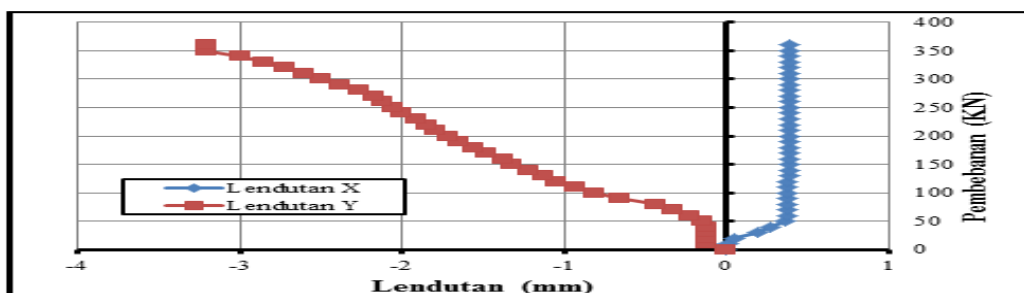
Gambar 8. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KH II 30%

Kapasitas tekan maksimum KH II 30% adalah 310 KN terlihat pada Gambar 8 dengan besarnya lendutan yang terjadi pada sumbu X sebesar 0,09 mm dan lendutan maksimum terjadi pada sumbu Y sebesar -4,53 mm. Dengan kapasitas 310 KN material sudah menunjukkan tanda-tanda keruntuhan tekan atau keruntuhan material seperti retak yang diawali dengan bunyi dan runtuh pada bagian sekitar tumpuan dengan pemendekan material sebesar 1 mm pada kayu lapis sumbu Y bagian belakang. Hubungan besarnya pembebanan dengan lendutan untuk KH III 30% dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KH III 30%

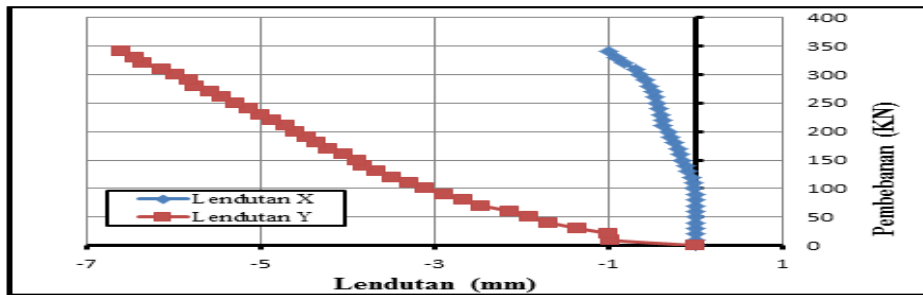
Kapasitas tekan maksimum KH III 30% adalah 310 KN terlihat pada Gambar 9 dengan besarnya lendutan yang terjadi pada sumbu X sebesar 0,09 mm dan lendutan maksimum terjadi pada sumbu Y sebesar -2,83 mm. Dengan kapasitas 310 KN material sudah menunjukkan tanda-tanda keruntuhan tekan atau keruntuhan material seperti retak yang diawali dengan bunyi dan runtuh pada bagian sekitar tumpuan dengan pemendekan material sebesar 1 mm pada kayu lapis sumbu Y bagian belakang. Hubungan antara besarnya pembebanan dengan lendutan untuk kode sampel KH I 20% dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KH I 20%

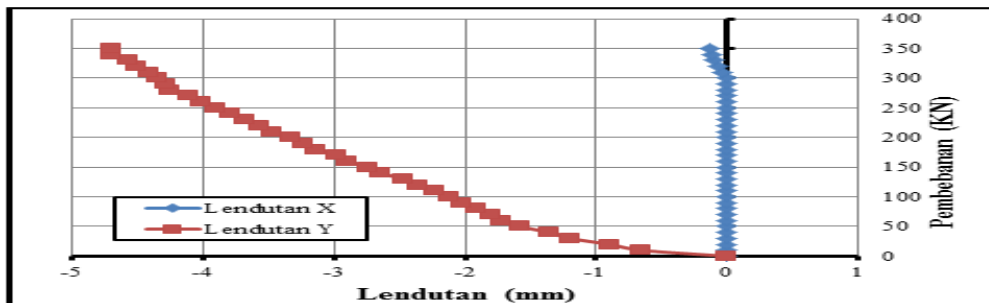
Pada Gambar 10 menunjukkan bahwa pembebanan KH I 20% berhenti pada pembebanan 360 KN yang dikarenakan kemampuan alat yang digunakan dalam penelitian kurang dari 70% sehingga pembebanan terpaksa dihentikan, namun sampel sudah memiliki tanda-tanda keruntuhan

material seperti retak dengan posisi miring pada bagian atas material. Lendutan yang terjadi pada sumbu X sebesar 0,39 mm dan lendutan yang terjadi pada sumbu Y sebesar -3,2 mm. Besarnya lendutan pada sumbu X sangatlah kecil yang menunjukkan bahwa pada sumbu X hampir tidak terjadi lendutan, sedangkan pada sumbu Y lendutan yang terjadi adalah lendutan maksimum yang terjadi pada kolom yang dikarenakan sumbu Y memiliki kelangsingan lapisan kayu yang besar yang mengakibatkan lendutan dominan mengarah ke sumbu tersebut yang artinya sumbu Y adalah sumbu yang terlemah pada sampel KH I 20%. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan untuk kode sampel KH II 20% dapat dilihat pada gambar 11.



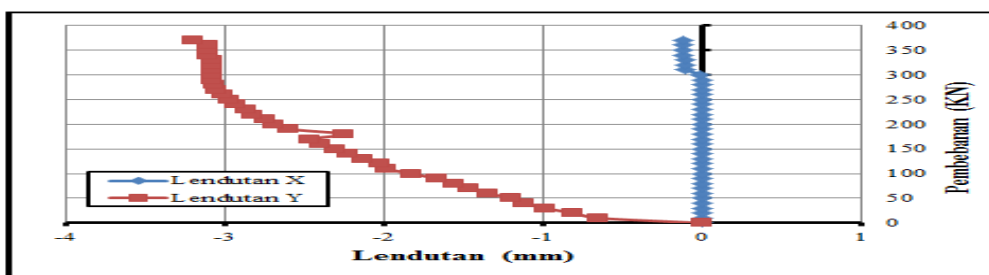
Gambar 11. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KH II 20%

Untuk KH II 20% kapasitas tekan maksimum yang dapat diberikan hanya sampai pembebanan 340 KN karna mengingat kemampuan alat yang kurang dari 70% dengan besarnya lendutan yang didapat pada sumbu X sebesar -1 mm dan sumbu Y sebesar -6,6 mm dengan pemendekan material sebesar 1 mm. Hubungan antara besarnya pembebanan dengan lendutan yang terjadi pada kode sampel KH III 20% dapat dilihat pada Gambar 12.



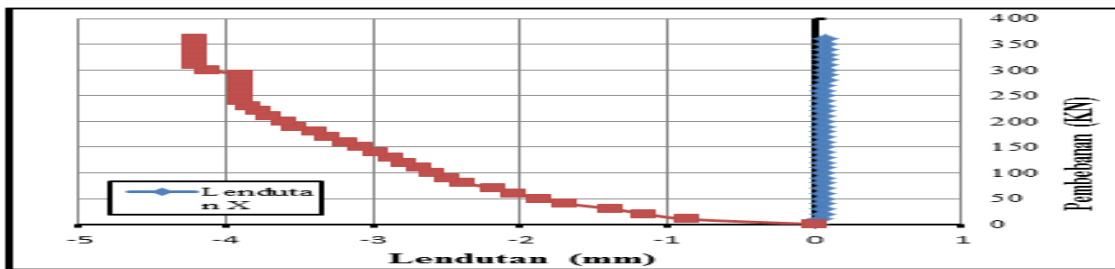
Gambar 12. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KH III 20%

Gambar 12 menunjukkan bahwa pembebanan KH III 20% terhenti pada 350 KN dengan alat uji tidak mampu lagi memberikan beban karena kemampuan alat yang kurang dari 70% dengan besarnya lendutan yang didapat pada sumbu X sebesar -0,13 mm dan sumbu Y sebesar -4,7 mm dengan pemendekan sebesar 2 mm. Hubungan besarnya pembebanan dengan lendutan untuk KS I dapat dilihat pada Gambar 13.



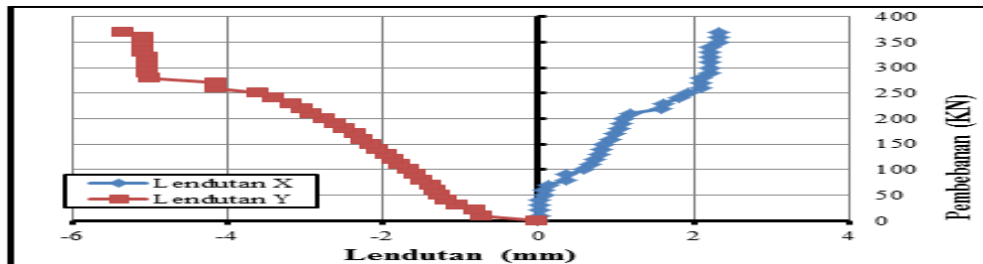
Gambar 13. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KS I

Gambar 13 menunjukkan bahwa pembebanan KS I berhenti pada pembebanan 3680 KN yang dikarenakan kemampuan alat yang digunakan dalam penelitian kurang dari 70% sehingga pembebanan terpaksa dihentikan, namun sampel sudah memiliki tanda-tanda keruntuhan material seperti retak dengan posisi miring pada bagian atas material. Lendutan yang terjadi pada sumbu X sebesar -0,12 mm dan lendutan yang terjadi pada sumbu Y sebesar -3,2 mm. Besarnya lendutan pada sumbu X sangatlah kecil yang menunjukkan bahwa pada sumbu X hampir tidak terjadi lendutan, sedangkan pada sumbu Y lendutan yang terjadi adalah lendutan maksimum yang terjadi pada kolom yang dikarenakan sumbu Y memiliki momen inersia yang lebih kecil dari sumbu X yang mengakibatkan lendutan dominan mengarah ke sumbu tersebut yang artinya sumbu Y adalah sumbu yang terlemah pada sampel KS I. Hubungan antara besarnya pembebanan dengan lendutan untuk kode sampel KS II dapat dilihat pada Gambar 14.



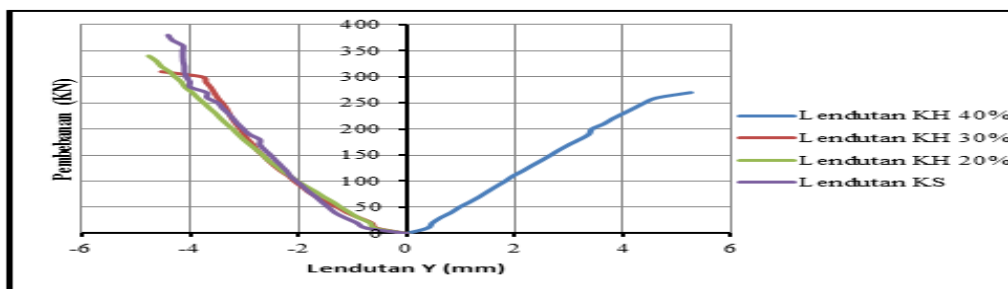
Gambar 14. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KS II

Untuk KS II kapasitas tekan maksimum yang dapat diberikan hanya sampai pembebanan 370 KN karna mengingat kemampuan alat yang kurang dari 70% dengan besarnya lendutan yang didapat pada sumbu X sebesar 0,08 mm dan sumbu Y sebesar -4,21 mm dengan pemendekan material sebesar 1 mm. Hubungan besarnya pembebanan dengan lendutan untuk KH III 30% dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan pada KS III

Hubungan besarnya pembebanan dengan lendutan rata-rata sumbu Y untuk semua kolom dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Hubungan antara pembebanan dengan lendutan sumbu Y untuk semua kolom

Pada Gambar 16 merupakan gambar hubungan antara pembebanan dengan lendutan yang terjadi pada semua kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid. Secara garis besar, gambar-gambar tersebut menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya pembebanan, lendutan yang terjadi bertambah pula yang disebabkan perubahan arah lendutan yang terjadi pada spesimen. Lendutan yang terjadi pada KH 30%, KH 20%, dan KS hampir memiliki lendutan yang seragam yang dikarenakan variasi luas lubang yang digunakan hanya berselisih 10%, hanya saja lendutan yang terjadi pada KH 40% berbeda dengan variasi kolom yang lain yang memiliki nilai positif. Pada dasarnya hal ini terjadi dikarenakan dari faktor *set up* alat pada saat pengujian.

Gambar 15 menunjukkan bahwa kapasitas tekan yang diberikan pada sampel KS III terhenti pada pembebanan 380 KN karena kemampuan alat yang digunakan dalam penelitian kurang dari 70% sehingga pembebanan hanya samapai pada angka 370 KN dengan besarnya lendutan yang didapat pada sumbu X sebesar 2,34 mm dan sumbu Y sebesar -5,34 mm yang merupakan sumbu terlemah pada sampel ini yang memiliki momen inersia lebih kecil dibandingkan dengan momen inersia pada sumbu X.

Gambar 4 sampai dengan Gambar 12 merupakan gambar hubungan antara pembebanan dengan lendutan yang terjadi pada kolom kayu *hollow*. Secara garis besar, gambar-gambar tersebut menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya pembebanan, lendutan yang terjadi justru tidak konstan bertambah namun berubah-ubah, sewaktu-waktu bertambah dan sewaktu-waktu berkurang yang disebabkan perubahan arah lendutan yang terjadi pada spesimen. Sama halnya yang terjadi pada Gambar 13, Gambar 14 dan Gambar 15 yang merupakan hubungan antara besarnya pembebanan dan lendutan yang terjadi pada kolom kayu solid. Hanya saja lendutan maksimal yang dimiliki lebih besar dibandingkan dengan lendutan maksimal kolom kayu *hollow*. Pada dasarnya hal ini terjadi dikarenakan jenis kolom yang digunakan pada penelitian ini adalah kolom pendek dan pada kolom pendek tidak terjadi pengaruh tekuk, karena dengan adanya pengaruh tekuk lendutan yang bekerja searah serta semakin bertambah seiring dengan bertambahnya pembebanan.

Kapasitas Tekan Pada Kolom kayu *Hollow* dan Kolom kayu Solid Hasil Teoritis

Kapasitas kuat tekan sejajar serat selanjutnya dianalisa secara teoritis berdasarkan RSNI T-02-2003 akan dibandingkan dengan hasil eksperimen. Perhitungan secara teoritis didukung dengan data hasil pengujian sifat fisik dan mekanis kayu Rajumas itu sendiri. Data pendukung sifat fisik dan mekanis yakni kadar air, berat jenis, kuat geser dan kuat tekan sejajar serat. Hasil perhitungan kapasitas kuat tekan sejajar serat pada kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid secara teoritis dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan kapasitas tekan hasil eksperimen terhadap hasil teoritis

| No | Kode Sampel | P Hasil Eksperimen(KN) | Rata-rata P Hasil Eksperimen (KN) | P Hasil Teoritis (KN) | Selisih (%) |
|----|-------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------|
| 1 | KH I 40% | 270 | 266,667 | 253,104 | 5,359 |
| 2 | KH II 40% | 260 | | | |
| 3 | KH III 40% | 270 | | | |
| 4 | KH I 30% | 300 | 303,333 | 287,391 | 5,547 |
| 5 | KH II 30% | 310 | | | |
| 6 | KH III 30% | 300 | | | |
| 7 | KH I 20% | 360 | 350,000 | 329,037 | 6,371 |
| 8 | KH II 20% | 340 | | | |
| 9 | KH III 20% | 350 | | | |
| 10 | KS I | 380 | 376,667 | 393,067 | 4,172 |
| 11 | KS II | 370 | | | |
| 12 | KS III | 380 | | | |

Pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa kapasitas gaya tekan pada kolom kayu *hollow* hasil teoritis dengan kode sampel KH 40% memiliki kapasitas tekan 253,104 KN dengan nilai c sebesar 0,9 pada faktor kesetabilan kolom (C_p). Kolom kayu *hollow* hasil teoritis dengan kode sampel KH 30% memiliki kapasitas tekan 287,391 KN dengan nilai c sebesar 0,9 pada faktor kesetabilan kolom (C_p). Untuk Kolom kayu *hollow* hasil teoritis dengan kode sampel KH 20% memiliki kapasitas tekan 329,037 KN dengan nilai c sebesar 0,9 pada faktor kesetabilan kolom (C_p). Sementara kolom kayu solid hasil teoritis dengan kode sampel KS I, KS II, KH III memiliki kapasitas tekan 393,067 KN dengan nilai c sebesar 0,8 pada faktor kesetabilan kolom (C_p). Sementara pada hasil eksperimen, kapasitas gaya tekan pada kolom kayu *hollow* dengan kode sampel KH 40% memiliki kapasitas tekan rata-rata 266.667 KN. Kolom kayu *hollow* dengan kode sampel KH 30% memiliki kapasitas tekan rata-rata 303.333 KN. Untuk Kolom kayu *hollow* dengan kode sampel KH 20% memiliki kapasitas tekan rata-rata 350.000 KN. Sementara kolom kayu solid dengan kode sampel KS memiliki kapasitas tekan rata-rata 376,667 KN. Dari hasil di atas memiliki perbedaan atau selisih yang cukup tipis antara teoritis dengan eksperimen yakni untuk kode sampel KH 40% memiliki selisih sebesar 5.359%, untuk kode sampel KH 30% memiliki selisih sebesar 5.547%, untuk kode sampel KH 20% memiliki selisih sebesar 6.371%, dan untuk kode sampel KS memiliki selisih sebesar 4,172%.

Pola Keruntuhan Pada Kolom Kayu *Hollow* dan Kolom Kayu Solid

Pola keruntuhan yang terjadi pada kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid yang terjadi setelah dilakukannya pengamatan dan penelitian ini adalah keruntuhan tekan atau keruntuhan material (*crushing failure*).



Gambar 17. Keruntuhan kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid

Secara umum pola keruntuhan pada kolom kayu *hollow* dan kolom kayu solid memiliki keruntuhan yang sama yakni keruntuhan tekan atau keruntuhan material (*crushing failure*). Pada dasarnya hal ini dikarenakan jenis kolom yang digunakan adalah kolom pendek, sehingga pengaruh tekuk sangat kecil atau bisa dikatakan tidak terjadi pada kolom pada jenis kolom pendek. Beda halnya dengan penelitian terdahulu yakni pada penelitian Arifin (2014) yang menggunakan jenis kolom panjang, keruntuhan yang terjadi baik itu kolom kayu *hollow* maupun kolom kayu solid adalah keruntuhan tekuk (*buckling*).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kolom kayu *hollow* dengan luas lubang 40%, 30%, 20%, dan kolom kayu solid memiliki kapasitas tekan rata-rata berturut-turut yakni 19,434 MPa, 19,448 MPa, 19,575 MPa, 17,560 MPa. Pola keruntuhan yang terjadi baik itu pada kolom kayu *hollow* maupun kolom kayu solid yakni keruntuhan tekan atau keruntuhan material (*crushing failure*).

Saran

Pada pembuatan benda uji diperlukannya keahlian dan ketelitian agar menghasilkan benda uji yang seragam dan sempurna. Dalam memilih kayu perlu diperhatikan bagian kayu yang akan digunakan sebagai penyusun kolom kayu *hollow*. Dalam *set up* alat pada saat pengujian perlu diperhatikan, sesuai dengan prosedur pengujian kolom *hollow* agar mendapatkan hasil pengujian yang maksimal. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh serat pada tiap elemen kayu penyusun kolom kayu *hollow*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1995, *Metode Pengujian Kuat Tekan Kayu di Laboratorium*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim, 2003, *Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (RSNI T-02-2003)*, BSN, Jakarta.
- Anonim, 2013, *Spesifikasi Disain Untuk Konstruksi Kayu (SNI 7973-2013)*, BSN, Jakarta.
- Arifin, I., 2014, *Studi Kuat Tekan Kolom Kayu Kamper Hollow Hasil Fabrikasi Terhadap Kayu Kamper Solid*, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang.
- Prayitno, T.A., 1996, *Perekatan Kayu*, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rofaida, A., 2008, *Pengujian Experimental Struktur Kolom Kayu Laminasi*, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- Sucipto, T., 2009, *Kayu Laminasi dan Papan Sambung*, Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatra Utara.