

Pengaruh Perlakuan Pengasapan Terhadap Defleksi Balok Batang Aren (*Arenga Pinnata Merr*) Dengan Tumpuan Sederhana

¹Sika Palungan, ²Musa B. Palungan, ³Karel Tikupadang

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 13 Daya Makassar, 90243
Email korespondensi: : sikapalungan@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kekuatan tarik balok serat aren akibat pengaruh perlakuan fumigasi dan untuk mengetahui defleksi atau defleksi balok serat kelapa sawit dengan beban terpusat akibat perlakuan fumigasi. Penelitian ini dilakukan di laboratorium fisika metalurgi dan mekanika terapan Universitas Kristen Paulus dengan Mesin Defleksi dan Tarik. Spesimen Uji Tarik yang digunakan adalah tipe ASTM638-2. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik serat meningkat setelah fumigasi hingga 3 hari dan kemudian menurun hingga 5 hari. Peningkatan kekuatan disebabkan oleh adanya karbonil dalam asap yang masuk melalui pori-pori atau membran serat, sehingga terperangkap di dalam serat. Di sisi lain, kadar air serat menurun akibat panas asap rata-rata 45°C. Karena kekuatan tarik meningkat dan regangan relatif konstan, elastisitas serat meningkat kemudian kekuatan menurun dan nilai tertinggi diperoleh pada pengasapan 3 hari sebesar 590,77 kgf/mm². Setelah tiga jam, 4 dan 5 hari pengasapan, nilai elastisitas terus menurun dengan nilai 481,90 kgf/mm² dan 456,00 kgf/mm². Untuk beban yang sama sebesar 1 kg, defleksi yang terjadi pada balok serat tanpa pengasapan adalah 24,88 mm dan pada balok serat kelapa sawit dengan pengasapan selama 3 hari terdapat defleksi sebesar 16,92 mm. Defleksi balok serat tanpa pengasapan lebih besar daripada defleksi balok dengan pengasapan selama 3 hari, karena elastisitas serat dengan pengasapan lebih besar (590,77 kgf/mm²) daripada elastisitas serat tanpa pengasapan (401,90 kgf/mm²). Kekuatan tarik serat meningkat setelah pengasapan karena adanya karbonil dalam asap yang masuk melalui pori-pori atau membran serat, sehingga terperangkap di dalam serat. Di sisi lain, kadar air serat menurun karena panas asap rata-rata sebesar 45°C.

Kata Kunci: Pengasapan, Defleksi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kayu mempunyai nilai estetika yang tidak dimiliki material lain yang membuat kayu sangat disukai masyarakat. Kayu memiliki sifat fisis dan sifat mekanis yang bergantung pada pola pertumbuhan batang yang kondisi lingkungan bertumbuhan membuat pengguna kayu harus mengenali sifat-sifat tersebut. Sifat-sifat mekanis kayu adalah : kuat lentur, kuat tekan sejajar serat, kuat tarik tegak lurus serat, kuat tekan tegak lurus serat, kuat tarik sejajar serat, dan kuat geser sejajar serat. Sedangkan sifat-sifat fisis kayu adalah: berat jenis, kadar air, dan cacat kayu (Sembiring Giofani Feranita, 2018).

Kayu merupakan hasil hutan dan sumber kekayaan alam berupa bahan mentah dan harus diolah dahulu dimana kayu olahan diperoleh dengan memproses kayu bulat (gelondongan) menjadi kayu berbentuk balok, papan, dan

bentuk-bentuk lain agar dapat digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan (Paulito M. D. Alves dkk, 2013).

Balok (komponen struktur lentur) merupakan salah satu komponen struktur utama penyusun struktur bangunan gedung, selain kolom tentunya. Balok berperan memikul beban-beban yang bekerja pada bagian atasnya, sebagai contoh ring balok berfungsi menahan beban-beban yang berasal dari atap, balok lantai berfungsi menahan beban-beban yang berasal dari lantai atasnya (untuk bangunan bertingkat atau rumah bertipe panggung). Perencanaan komponen struktur lentur dapat dilakukan, tentu berdasarkan peraturan kayu yang ada (Yosafat Aji P. dan Jonny Gunawan P., 2014)

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah ada pengaruh pengasapan terhadap kekuatan tarik balok batang ijuk ?
2. Apakah ada pengaruh pengasapan terhadap defleksi atau lendutan balok batang ijuk dengan beban terpusat ?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu:

1. Untuk mengetahui kekuatan tarik balok batang ijuk akibat pengaruh perlakuan pengasapan.
2. Untuk mengetahui defleksi atau lendutan balok batang ijuk dengan beban terpusat akibat perlakuan pengasapan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengasapan Menggunakan Material Padat

Asap merupakan sistem kompleks yang terdiri dari fase cairan terdispersi dan medium gas sebagai pendispersi. Asap diproduksi dengan cara pembakaran tidak sempurna yang melibatkan reaksi dekomposisi konsitituen polimer menjadi senyawa organik dengan berat molekul rendah karna pengaruh panas yang meliputi reaksi oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi. Jumlah partikel padatan dan cairan dalam medium gas menentukan kepadatan asap. Asap pembakaran tempurung kelapa terdiri dari uap dan partikel padatan yang berukuran kecil (Palungan, 2017).

Gugus karbonil berperan untuk memperbaiki permukaan asapan menjadi berubah warna yaitu warna kuning kecoklatan sampai warna coklat tua dan gugus fenol secara alami unruk memperpanjang umur simpan asapan karna fenol berfungsi sebagai anti oksidan dan antimikroba sehingga asapan tahan lama dan asam astetat dapat mengubah sifat fisik asapan. (Girard,1992, dan Ruitter 1999).



Gambar 1. Batok kelapa sebagai sumber pengasapan padat (balaipemurnian,2021)

Menurut Palungan (2017), asap ini telah diaplikasikan pada pengawetan daging, termasuk daging unggas dan ikan salmon, selain itu juga digunakan untuk menambah cita rasa pada saus, sup, sayuran dalam kaleng, bumbu, rempah-rempah. Analisis kimia yang dilakukan terhadap asap meliputi penentuan fenol, karbonil, keasaman dan indeks pencoklatan seperti pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi kimia beberapa sumber asap

Jenis Bahan	Fenol (%)	Karbonil (%)	Keasaman (%)	Indeks Pencoklatan (%)
Kayu Jati	2.70	13.58	7.21	2.16
Kayu Lamtoro	2.10	10.32	6.21	0.96
Tempurung Kelapa	5.13	13.28	11.39	1.18
Kayu Mahoni	2.16	15.23	6.26	2.11
Kayu Kamper	2.20	8.56	4.27	0.55
Kayu Bangkirai	2.93	12.31	5.55	0.84
Kayu Kruing	2.41	8.72	5.21	0.64
Glugu	3.16	12.94	6.61	1.16

Nurhasanah, 2008

B. Tumbuhan Aren (*Arenga Pinnata Merr*)

Aren (*Arenga pinnata Merr*) termasuk suku *Areaceae* (pinang-pinangan), merupakan tumbuhan ber biji tertutup (*Angiospermae*). Indonesia tanaman aren banyak tersebar di seluruh wilayah nusantara, khususnya di daerah-daerah perbukitan yang lembab. Penyebaran aren saat ini berada pada provinsi : Papua, Maluku, Maluku Utara, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Jawa Tengah, Banten, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, Sulawesi Tenggara, Bengkulu, Kalimantan Selatan, dan Nagroe Aceh Darussalam (Fitirani, 2010).

Pohon aren, kelapa dan nipah merupakan tumbuhan dalam kelompok yang sama, yaitu jenis palma, palem atau pinang-pinangan. Sama seperti pohon kelapa, seluruh bagian tanaman aren juga bersifat serbaguna. Salah satu manfaat terkenal pohon enau atau aren adalah nira yang digunakan untuk membuat gula aren. Selain itu, bagian lain seperti daunnya juga dapat digunakan untuk atap rumah tradisional dan produksi sapu ijuk (Rimbaka, 2022)



Gambar 2. Tanaman aren (medan.tribunnews.com, 2020)

Salah satu manfaat yang dapat diperoleh dari tanaman ini adalah batangnya yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan, batangnya dijadikan papan yang dapat digunakan untuk sekat rumah dan sebagainya.



Gambar 3 Pohon aren yang akan diolah menjadi papan (desa.id, 2021)

Struktur pada patang aren tidak berduri, tidak bercabang, diameter dapat mencapai 65 cm. Tumbuhan ini hampir mirip dengan pohon kelapa, perbedaannya jika pohon kelapa batang pohonnya bersih (pelepa daun yang tua mudah lepas) maka batang pohon aren ini sangat kotor karena batangnya terbalut oleh ijuk sehingga pelepa daun yang sudah tua sulit diambil atau lepas dari batangnya. Tinggi batang tumbuhan aren berkisar antara 8 – 20 meter sehingga untuk menyadap nira diperlukan tangga. Garis tengah batangnya bisa sampai 65 cm, sedangkan tingginya 15 m (Harahap, 2013).

Kalau ditambah dengan tajuk daun yang menjulang diatas batang, tinggi keseluruhannya bisa sampai 20 meter. Pada saat pohon masih muda, batang batang pohon aren belum terlalu kelihatan, karena tertutup oleh pangkal-pangkal pelepa daun. Jika daun paling bawahnya sudah gugur, batangnya mulai kelihatan. Itu bisa terjadi kalau pohon sudah berumur 3 tahun- 3,5 tahun baru daunnya yang tertua gugur dari ruas paling bawah. Batang aren mempunyai tajuk (kumpulan daun) yang rimbun (Harahap, 2013).

C. Defleksi Lenturan Batang

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. (Nefli Yusuf, Hariadi, 2020)

Menurut Victus K. Korten (2005), yang menganalisis defleksi lateral balok dengan tumpuan engsel rol bahwa semakin besar beban eksternal maka semakin besar pula defleksi yang terjadi. Pada panjang balok $L/2$ selain menjadi tempat terjadinya defleksi maksimum akibat beban eksternal pada $L/2$, juga sebagai tempat peralihan defleksi minimum ke maksimum dan sebaliknya. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan kesebandingan

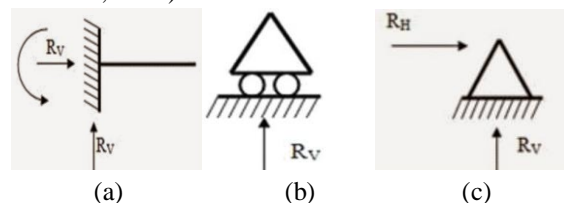
antara teoritis dan eksperimen. Hal ini mengisyaratkan bahwa cara teoritis yang dikemukakan dapat diterima kebenarannya.

Adapun hal-hal yang dapat mempengaruhi besar kecilnya defleksi adalah (Mustopa & Naharuddin, 2005)

1. Besar dan jenis pembebanan.
2. Jenis tumpuan.
3. Jenis material.
4. Kekuatan material.

D. Jenis – jenis Tumpuan

Suatu batang jika mengalami pembebanan lateral, baik itu beban terpusat maupun beban terbagi rata, maka batang tersebut mengalami defleksi. Jenis tumpuan dan posisi pembebanan merupakan dua hal yang dapat mempengaruhi defleksi pada suatu balok adalah jenis tumpuan yang digunakan. (James M Gere & Stephen P Timshenko, 1972).



Gambar 3. (a) Tumpuan jepit, (b) Tumpuan roll, (c) Tumpuan sendi (images.app.goo.gl)

E. Batang Tumpuan Sederhana

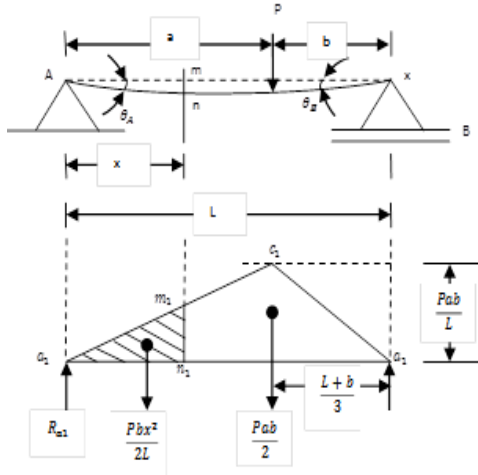
Bila tumpuan tersebut berada pada ujung-ujung dan pada pasak atau rol.



Gambar 4. Batang tumpuan sederhana (mafiadoc.com_iiteori-dasar-a-pengertian-defleksi)

F. Metode Luas DiAgram Momomen Lentur

Berikut adalah diagram analisa penyelesaian permasalahan defleksi lenturan batang dengan metode luas diagram momen lentur.



Reaksi di A dan B

$$\sum M_B = 0 : R_A = \frac{Pb}{L}$$

$$\sum M_A = 0 : R_B = \frac{Pa}{L}$$

$$\theta_A = \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = \frac{\text{Reaksi di } a_1}{EI} = \frac{Ra_1}{EI}$$

$$\theta_B = \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=L} = \frac{\text{Reaksi di } b_1}{EI} = \frac{Rb_1}{EI}$$

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Program studi Teknik Mesin UKI Paulus Makassar sebagai berikut:

a. Proses Pengasapan

Pengasapan dilakukan di laboratorium Teknik Mesin pada tanggal 16 Desember sampai 25 Desember 2021.

b. Pengujian Tarik

Uji tarik dilakukan di laboratorium Teknik Mesin pada tanggal 29 Januari 2022.

c. Uji Defleksi

Uji defleksi dilakukan di laboratorium Mekanika Terapan UKI Paulus Makassar

B. Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Balok kayu aren

Balok kayu aren yang digunakan adalah enam belas jenis balok batang aren yang berpenampang persegi dengan memiliki ketebalan 2 cm dan lebar 3 cm.



Gambar 4 Balok kayu aren

2. Tempurung kelapa

Tempurung kelapa digunakan untuk pembakaran yang dimasukkan kedalam rumah asap.



Gambar 5 Batok kelapa

C. Alat-alat Penelitian

Alat alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

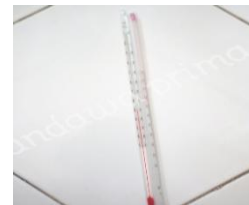
1. Alat pengasapan



Gambar 6. Alat pengasapan

2. Thermometer

Thermometer yang digunakan adalah thermometer batang fungsi dari thermometer batang untuk mengontrol suhu panas pada rumah asap dengan batas temperature suhu 45°C.



Gambar 7. Thermometer

3. Alat uji Tarik

Alat uji tarik merupakan jenis pengujian yang dilakukan dengan melakukan penarikan terhadap suatu bahan sampai bahan tersebut putus atau patah.



Gambar 8. Mesin uji tarik

4. Alat uji defleksi

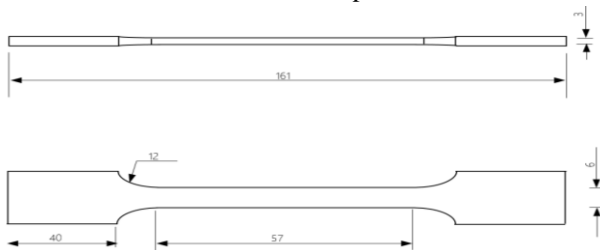
Uji defleksi dilakukan pada material guna untuk mengetahui kelenturan benda Ketika mengalami pembebanan.



Gambar 9. Alat uji defleksi

5. Spesimen Uji Tarik

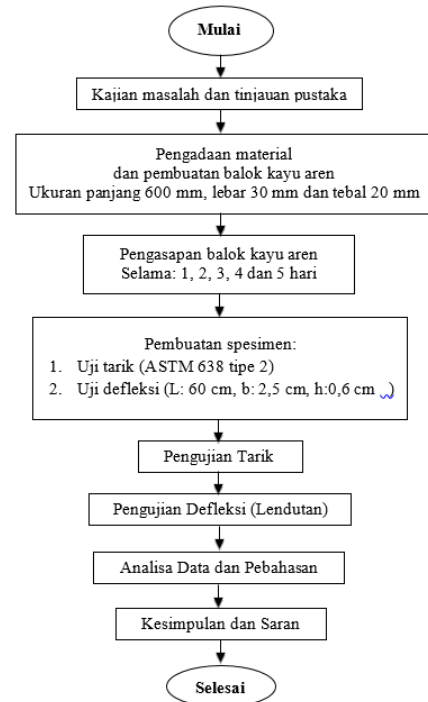
Berikut adalah gambar spesimen uji tarik berdasarkan standar ASTM 638 tipe 2.



Gambar 10. Spesimen uji tarik

6. Bagan Alir (Flow Chart) Penelitian

Rangkaian penelitian dari akhir ini akan dinyatakan dalam bentuk dengan alir sebagai berikut :



Gambar 11. Bagan alir penelitian

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Dalam menghitung data hasil pengujian tarik terhadap spesimen uji yang terbuat dari komposit berbagai kondisi, digunakan rumus atau persamaan yang telah ada, dengan hasil sebagai berikut :

Data spesimen :

- Panjang awal spesimen (L_0) = 57 mm
- Lebar spesimen (T_0) = 6 mm
- Tebal spesimen (W_0) = 3 mm
- Luas penampang awal spesimen (A_0) = 18 mm²

Untuk perhitungan dipilih salah satu data pada spesimen normal atau tanpa proses pengasapan sebagai berikut:

a. Kekuatan tarik maksimum (σ_u)

$$\begin{aligned}
 \sigma_u &= \frac{P_u}{A_0} \\
 &= \frac{312 \text{ kgf}}{18 \text{ mm}^2} \\
 &= 17,333 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}
 \end{aligned}$$

b. Regangan (ϵ)

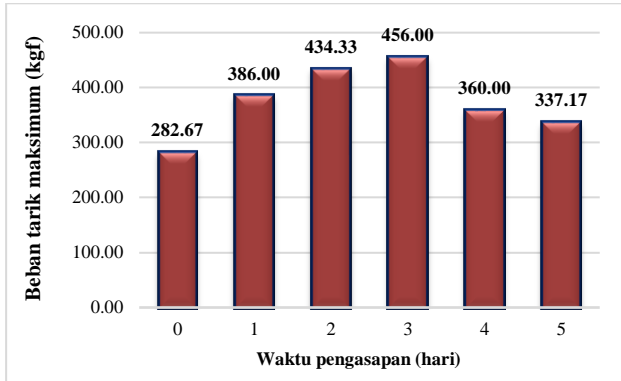
$$\begin{aligned}
 \epsilon &= \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \\
 &= \frac{2,20}{57} \times 100\% \\
 &= 0,039 = 3,9 \%
 \end{aligned}$$

c. Elastisitas

$$E = \frac{\sigma_U}{\epsilon}$$

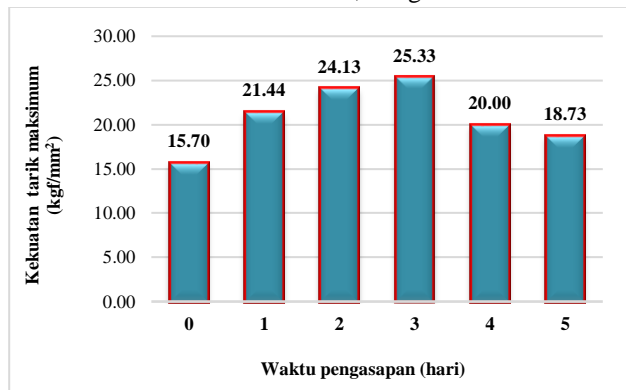
$$= \frac{17,333 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}}{0,039}$$

$$= 449,091 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$$



Gambar 12. Grafik hubungan antara waktu pengasapan terhadap beban tarik maksimum balok kayu aren

Pada spesimen tanpa pengasapan beban tarik rata-rata adalah 282,67 kgf, kondisi tersebut terus mengalami peningkatan sampai mencapai posisi maksimum pada pengasapan selama 3 hari dengan nilai beban tarik maksimum sebesar 456,00 kgf. Pada balok kayu aren dengan pengasapan selama 4 hari beban tarik maksimum mulai turun dengan nilai beban tarik rata-rata 360,00 kgf sampai pada pengasapan 5 hari dengan beban tarik maksimum rata-rata sebesar 337,17 kgf.



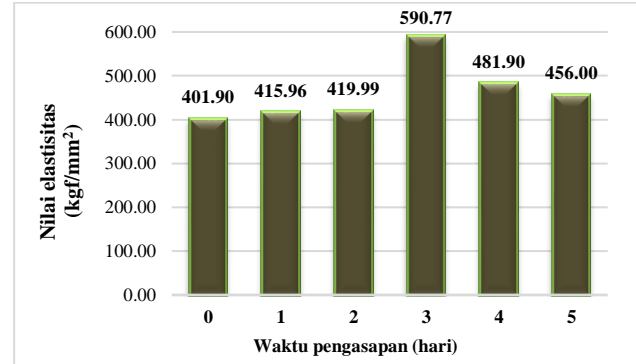
Gambar 13. Grafik hubungan waktu pengasapan terhadap kekuatan tarik (σ) spesimen balok kayu aren

Grafik kekuatan tarik dengan waktu pengasapan terlihat kekuatan tarik balok ijuk meningkat setelah pengasapan hingga pada pengasapan 3 hari kemudian menurun hingga pengasapan 5 hari. Kekuatan meningkat karena dalam asap ada karbonil yang masuk melalui pori-pori atau membram balok ijuk, sehingga terperangkap

dalam balok ijuk, disisi yang lain kadar air balok ijuk berkurang karena adanya panas asap sebesar rata-rata 45 °C.

Karena kekuatan tarik meningkat dan regangan relatif konstan maka elastisitas balok ijuk meningkat kemudian kekuatannya menurun dan yang tertinggi diperoleh pada pengasapan 3 hari sebesar 590,77 kgf/mm².

Setelah tiga jam yaitu pada pengasapan 4 dan 5 hari, nilai elastisitas terus mengalami penurunan dengan nilai masing-masing 481,90 kgf/mm² dan 456,00 kgf/mm².



Gambar 14. Grafik hubungan waktu pengasapan terhadap nilai elastisitas (E) balok kayu aren.

B. Pengujian Defleksi

Pengujian defleksi yang telah dilakukan diperoleh data aktual, sedangkan secara teoritis, nilai defleksi ditentukan sebagai berikut:

$$y_{\text{Maks}} = \frac{PL^3}{48EI}$$

Dengan nilai inersia penampang sebesar:

$$I = \frac{b h^3}{12}$$

Diketahui dimensi penampang

$$b = 25 \text{ mm}$$

$$h = 6 \text{ mm}$$

Maka diperoleh:

$$I = \frac{25 \text{ mm} (6 \text{ mm})^3}{12}$$

$$I = \frac{25 \text{ mm} \times 216 \text{ mm}^3}{12}$$

$$I = 450 \text{ mm}^4$$

Dengan menghitung salah satu spesimen dari hasil pengasapan selama 3 hari dengan nilai beban (P) = 250 gr atau 0,25 kg dan panjang batang (L) = 600 mm maka diperoleh nilai defleksi sebagai berikut:

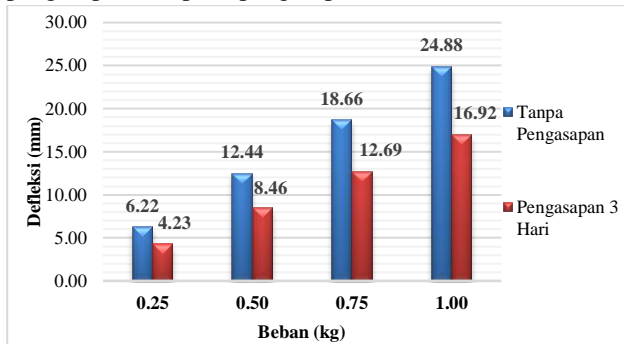
$$y_{\text{Maks}} = \frac{PL^3}{48EI}$$

$$y_{\text{Maks}} = \frac{0,25 \text{ kg} \times (600 \text{ mm})^3}{48 \times 590,77 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \times 450 \text{ mm}^4}$$

$$y_{\text{Maks}} = \frac{0,25 \text{ kg} \times (216000000 \text{ mm})^3}{48 \times 590,77 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \times 450 \text{ mm}^4}$$

$$y_{\text{Maks}} = 4,23 \text{ mm}$$

Berikut adalah nilai defleksi yang diperoleh dari hasil perhitungan pada spesimen balok kayu aren tanpa pengasapan dan pada pengasapan selama 3 hari.



Gambar 15. Grafik hubungan antara beban terhadap defleksi pada balok kayu aren dengan pengasapan 3 hari dan tanpa pengasapan.

Semakin meningkat beban yang diberikan maka nilai defleksi pada batang kayu aren semakin meningkat dengan kata lain beban berbanding lurus dengan defleksi yang terjadi. Untuk beban yang sama sebesar 1 kg, defleksi yang terjadi pada balok ijuk tanpa pengasapan sebesar 24,88 mm dan pada balok ijuk dengan pengasapan selama 3 hari terjadi defleksi sebesar 16,92 mm. Defleksi balok ijuk tanpa pengasapan lebih besar dari pada defleksi balok dengan pengasapan 3 hari, karena elastisitas ijuk dengan pengasapan lebih besar (590,77 kgf/mm²) dari elastisitas ijuk tanpa pengasapan (401,90 kgf/mm²). Kekuatan tarik balok ijuk meningkat setelah pengasapan karena dalam asap ada karbonil yang masuk melalui pori-pori atau membram balok ijuk, sehingga terperangkap dalam balok ijuk, disisi yang lain kadar air balok ijuk berkurang karena adanya panas asap sebesar rata-rata 45 OC.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui waktu pengasapan mempengaruhi kekuatan tarik dan defleksi sebagai berikut:

1. Perlakuan pengasapan berpengaruh terhadap kekuatan tarik material balok batang Aren. Pada spesimen kontrol (tanpa perlakuan) nilai kekuatan tarik diperoleh 15,70 kgf/mm², kemudian meningkat setelah perlakuan pengasapan 3 hari dengan nilai kekuatan tarik 25,33 kgf/mm².

2. Beban terpusat berpengaruh terhadap defleksi balok batang Aren dengan perlakuan pengasapan. Semakin besar beban pada balok akan semakin besar pula defleksi yang diperoleh, atau dengan kata lain beban berbanding lurus dengan defleksi balok. Pada beban yang sama sebesar 1 kg untuk spesimen tanpa pengasapan nilai defleksinya 24,88 mm dan untuk spesimen dengan pengasapan 3 hari nilai defleksinya 16,82 mm.

SARAN

Setelah melakukan penelitian ini, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut:

3. Proses pengasapan dapat dilakukan dengan durasi waktu yang lebih singkat untuk melihat kecenderungan perubahan sifat mekaniknya.
4. Selain melakukan uji tarik dan defleksi dapat pula dilakukan uji sifat mekanik yang lain seperti uji impak dan uji bending.

DAFTAR PUSTAKA

- Mustopa & Naharuddin, 2005, Analisis Teoritis Dan Eksperimental Lendutan Batang Pada Balok Segiempat Dengan Variasi Tumpuan, Majalah Ilmiah MEKTEK
- Nefli Yusuf, Hariadi, 2020. Perbandingan Eksperimen Defleksi Batang Kantilever Berprofil Strip Terhadap Persamaan Teoritis Untuk Bahan Fe dan Al, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat , 2020.
- Sembiring Giofani Feranita, 2018, Analisis dan Eksperimen Perbandingan Pengujian Balok Kayu yang Diawetkan dengan Asam Boraks 10%, 20%, 30% dan Tanpa Pengawetan Terhadap Kuat Lentur Balok Kayu, repository.usu.ac.id
- Paulito M. D. Alves dkk, 2013, Analisis Dan Eksperimen Perbandingan Pengujian Balok Kayu Yang Diawetkan Dengan Boraks 10%, 20%, 30% Dan Tanpa Pengawetan Terhadap Kuat Lentur Balok Kayu, Universitas Sumatera Utara
- Musa B. Palungan, 2017, Pengaruh Perlakuan Pengasapan Serat Daun Nanas Raja (Agave Cantala Roxb) Terhadap Kompatibilitas Serat-Matrik Epoksi, Disertasi, Universitas Brawijaya
- Ruiter, A., Colour of Smoke Foods. Food Tech 1979., 33(5): 54-63.
- Girard, J. P., 1992. Smoking In Technology of Meat Products, Clermont Ferrand, Ellis Horwood, New York.

- Wade, L. G. 2006, Sintesis Senyawa 4-(3-Hidroksifenil)-3-Buten-2-On Dan Uji Potensinya Sebagai Tabir Surya, Universitas Negeri Surabaya
- Eka dan Frans, 2013, Analisis Beban Tarik Serat Nanas Raja (*Agave Cantala Roxb*) Yang Mengalami Perlakuan Pengasapan Pada Permukaan Dengan Sumber Pengasapan Dari Tempurung Kelapa, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar
- Musa B. Palungan 2017, The effect of fumigation treatment towards agave cantala Roxb fibre strength and morphology, Journal of Engineering Science and Technology.
- Nurhasanah, E. 2008. Potensi Asap Pembakaran dari Tempurung Kelapa dan Karakterisasinya (Disertasi), Institut Teknologi Bandung
- Fitirani, 2010, Konservasi Hutan Mangrove Sebagai Ekowisata, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.1 Edisi Khusus
- Menurut Mustafa (2007), Analisis Penggunaan Profil Baja Iwf 150 Dan Unp 150 Untuk Menentukan Jarak Bentang Yang Efektif Dengan Menggunakan Simulasi Abaqus = Analysis Of Using Iwf 150 And Unp 150 Steel Profiles To Determine Effective Spain Distance Using Abaqus Simulation,
<http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/14582>
- James M Gere & Stephen P Timshenko, 1972, Strength Of Material
- Singer, Ferdinand L. 1985, Strength Of Material
<https://balaipemurnian.com>