

Pengaruh Perlakuan Perendaman Asap Cair Terhadap Defleksi Balok Batang Nangka (*Artocarpus Heteropyllus*) Dengan Tumpuan Sederhana

¹Wendi Parrang, ²Musa B. Palungan, ³Benyamin Tangaran

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 13 Daya Makassar, 90243
Email korespondensi: : weniparrang1507@gmail.com

Abstrak

Penggunaan kayu yang tepat sebagai bahan bangunan harus ditekankan agar struktur tahan lama dan tidak membahayakan orang yang membangunnya dan mereka yang akan menggunakannya. Perhitungan defleksi material diperlukan saat mengidentifikasi bahan bangunan yang tepat. Tujuan perhitungan fleksibilitas adalah untuk menghitung kekuatan material guna menentukan batas aman material saat menerima beban. Sangat penting untuk merekayasa material menggunakan komponen ramah lingkungan untuk meningkatkan kekuatan kayu. Para peneliti menggunakan asap cair kelas C dari tempurung kelapa. Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana material kayu nangka mengalami defleksi sebelum dan sesudah direndam. Metode perendaman dingin digunakan untuk merendam asap cair selama 4 hari, 8 hari, dan 12 hari. Penggunaan asap cair dalam konsentrasi 100 persen atau tanpa pencampuran. Setelah perendaman selesai, permukaan harus dikeringkan dengan udara. Selanjutnya, spesimen dibentuk untuk pengujian tarik sesuai dengan ASTM D638 Tipe-1, dan dimensi uji defleksi sesuai dengan kapasitas peralatan uji, yaitu panjang 600 mm, lebar 25 mm, dan tebal 6 mm. Menurut hasil penelitian, kayu yang tidak direndam dan kayu yang direndam dengan asap cair kelas C menghasilkan hasil yang berbeda. Kekuatan tarik kayu nangka yang tidak direndam memiliki kekuatan tarik 61,29 MPa, sedangkan kayu nangka yang direndam selama empat hari memiliki kekuatan tarik 82,80 MPa. Uji defleksi pada spesimen kontrol adalah 8,59 mm, sedangkan defleksi pada spesimen setelah 4 hari perendaman adalah 4,764 mm dengan gaya yang sama sebesar 7,5 N.

Kata kunci: Artocarpus Heteropyllus, Perendaman Dingin, Asap Cair, Uji Tarik, dan Defleksi.

I. PENDAHULUAN

Kayu merupakan sumber daya alam Indonesia yang memiliki potensial digunakan sebagai bahan konstruksi. Kayu memiliki beberapa kelebihan seperti: tahan terhadap gempa, ringan, mudah dalam pengolahan. Disamping kelebihan kayu juga memiliki kelemahan seperti: tidak tahan rayap, mudah terbakar, mudah mengalami kembang kusut. Pengaplikasian kayu sebagai bahan konstruksi harus memperhatikan kelebihan dan kelemahan dari bahan kayu sebelum digunakan dalam suatu konstruksi bangunan. Dalam konstruksi bangunan sederhana, kayu biasanya digunakan sebagai kusen, kuda-kuda atap, penyekat dinding suatu ruangan, serta dipakai juga sebagai lantai pada rumah panggung (Jihannanda, 2013).

Kayu nangka (*Artocarpus heteropyllus*) merupakan salah satu kayu yang dikenal oleh masyarakat luas sebagai penghasil buah saja, yang biasanya disamakan dengan pohon belimbing, jambu, dan anekah pohon buah lainnya. Secara umum, produk dari kayu nangka memang bisa dianggap sebagai

produk sampingan. Akan tetapi, meskipun hanya produk sampingan, kayu nangka bisa digunakan menghasilkan berbagai jenis produk mulai dari gitar, aneka jenis furniture, sampai aneka komponen konstruksi bangunan. Kayu nangka memiliki beberapa kelebihan diantaranya yaitu: memiliki warna yang menarik, memiliki ketahanan terhadap berbagai hama terutama rayap tanah dan mudah diolah. Disamping kelebihanannya kayu nangka memiliki beberapa kelemahan seperti: berada dibawah kelas kayu jati, kurang populer dikawasan masyarakat awam, serta sulit dijumpai.

Ada empat faktor utama yang mempengaruhi terhadap sifat keawetan kayu, seperti jenis kayu, keadaan kayu, metode pengawetan dan bahan pengawet yang digunakan. Berdasarkan pertimbangan dalam penelitian ini bahan pengawet yang akan digunakan ialah asap cair (Sembiring, 2018)

Asap cair dapat digunakan untuk mengawetkan kayu. Asap cair (*liquid smoke*) merupakan hasil kondensasi atau pengembunan uap

hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa, serta senyawa karbon lainnya. Bahan baku yang sering dipakai berupa kayu, bongkol kelapa sawit, sampah organik, tempurung kelapa, sekam, ampas atau serbuk gergaji kayu dll. Adanya senyawa fenol dan karbonil sebagai bahan pengawet alami yang mengandung senyawa fenol dan asam yang berperan sebagai anti bakteri dan antioksidan (Habibi dkk, 2017).

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan utama adalah

- Apakah ada pengaruh perendaman asap cair terhadap kekuatan tarik material balok batang nangka?
- Apakah ada pengaruh beban terpusat terhadap defleksi balok batang nangka dengan perlakuan perendaman asap cair?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah

- Mengetahui kekuatan tarik material balok batang nangka akibat pengaruh perendaman asap cair.
- Mengetahui defleksi balok batang nangka yang direndam asap cair akibat beban terpusat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Kayu sebagai hasil alam berupa bahan mentah yang harus diolah terlebih dahulu dimana kayu olahan diperoleh dengan mengubah kayu bulat (gelondongan) menjadi kayu berbentuk balok, papan, dan bentuk-bentuk lain yang bisa dipakai sebagai bahan konstruksi bangunan (Sembiring, 2018).

Sifat-sifat kayu

Kayu secara umum memiliki beberapa sifat sebagai berikut:

- Sifat fisis

Salah satu sifat fisis kayu adalah higroskopis, dimana kayu memiliki hubungan yang erat dengan air baik berupa cairan maupun uap. Kayu memiliki keterampilan dalam melepas dan menyerap air yang bertitik pada temperatur kelembaban dan kondisi lingkungannya. Dalam kondisi lembab kayu yang kering akan menarik atau menghisap uap air, sedangkan pada kondisi

kelembaban udara yang rendah kayu basah akan melepaskan uap air (Putra, 2019).

- Sifat mekanik

Sifat mekanik kayu dapat diartikan sebagai kemampuan kayu untuk menahan suatu beban luar. Beban luar ini merupakan gaya-gaya diluar benda yang memiliki kecenderungan untuk mengubah struktur dan nilainya. Sifat-sifat mekanis kayu dapat berupa kuat lentur, kuat geser, kuat tekan dan kuat tarik kayu. Kekuatan dari setiap kayu sangat bergantung pada spesies dari tiap kayu tersebut.

Kekuatan pada kayu

- Tegangan pada kayu memiliki kaitan yang erat dengan kemampuan bahan untuk mendukung gaya dari luar atau beban yang berusaha mengubah ukuran dan bentuk dari kayu tersebut.
- Regangan adalah perubahan bentuk ukuran atau struktur yang biasa disebut deformasi. Semakin besar tegangan yang dialami oleh suatu bahan, maka semakin besar pula regangan yang diterima oleh bahan tersebut.

Kayu nangka

Kayu nangka adalah salah satu tumbuhan lokal yang tumbuh diberbagai wilayah di Indonesia. Tanaman ini tergolong dalam tanaman tropis sehingga penyebaran dan perkembangannya lebih banyak ditemukan di daerah yang beriklim tropis. Nangka merupakan salah satu jenis tumbuhan penghasil buah tahunan, memiliki umur yang panjang sampai puluhan tahun. Pohon nangka mudah dikenali karena memiliki batang kayu yang tinggi bisa sampai 25 meter, diameter batang yang besar, serta batang yang berwarna kuning dan memiliki kandungan getah yang erat. Selain dikenal sebagai penghasil buah batang kayu nangka juga bisa digunakan sebagai penghasil produk seperti gitar, furniture an bahkan konstruksi bangunan (Cahyanto, 1996).

Kedudukan tumbuhan nangka (*Artocarpus Heteropylla Lamk*).

Divisio	: Spermatophyta
Sub Divisio	: Agiospermae
Classis	: Dicotyledonae
Ordo	: Urticales
Famili	: Moraceae
Genus	: <i>Artocarpus</i>
Spesies	: <i>Artocarpus Heteropylla Lamk</i>



Gambar 1 Pohon Nangka

Bahan Pengawet

Bahan pengawet merupakan suatu senyawa kimia, baik dalam bentuk tunggal maupun campuran dari dua atau lebih bahan, yang mampu mengakibatkan kayu memiliki ketahanan terhadap serangan cendawan, serangga dan perusak-perusak kayu lainnya. Kayu akan bersifat awet karena bahan pengawet yang digunakan bersifat racun (Nasution 2017).

Secara umum bahan pengawet kayu dibagi menjadi dua sebagai berikut:

- Bahan kimia yang larut minyak memiliki beberapa keuntungan dalam keadaan yang sangat basa, karena selain beracun terhadap cendawan juga menghambat gerakan air cair.
- Bahan kimia yang larut air adalah jenis bahan pengawet yang paling umum digunakan. Ada beberapa bahan pengawet larut air yang digunakan untuk pengawetan kayu seperti: Asam borat, Copper chrome boron (CCP), Boraks, Asap cair.

Asap cair

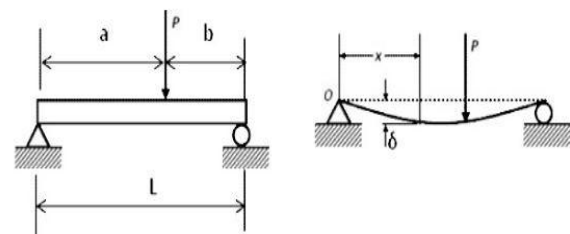
Asap cair adalah suatu campuran larutan dari dispersi koloid asap kayu dalam air yang berasal dari proses kondensasi asap dan hasil karbonisasi. Kelompok senyawa kimia yang terkandung dalam pengasapan adalah fenol, karbonil, asam, furan, alkohol, ester, lakton, hidrokarbon. Bahan utama dalam pembuatan asap cair adalah bahan yang tersusun atas selulosa, hemiselulosa dan lignin seperti kayu, tempurung kelapa dan lain-lain (Sumedi dkk, 2011).

Metode Pengawetan Kayu

Suatu metode pengawetan kayu dikatakan mampu apabila bisa memasukkan bahan pengawet dengan penetrasi dan retensi sesuai dengan persyaratan yang ditentukan. Metode pengawetan yang sederhana merupakan suatu kegiatan yang dapat digunakan untuk mengurangi biaya dalam proses pengawetan kayu. Salah satu dari metode ini adalah metode perendaman dingin. Metode ini merupakan metode pengawetan kayu yang dilakukan dengan merendam kayu dalam bahan pengawet yang sudah tersusun sedemikian rupa tanpa dipanasi dalam selang waktu tertentu (Hidayat, 2017).

Defleksi

Defleksi merupakan suatu perubahan struktur pada balok dalam arah y sebagai akibat dari adanya pembebanan vertikal terhadap suatu material. Deformasi yang terjadi pada balok dapat diketahui dengan defleksi sesuai dengan bahan material dan posisinya sebelum pembebanan dilakukan. Pengukuran defleksi dilakukan pada permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadinya deformasi. Konfigurasi yang didasarkan pada deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis balok (Basori dkk, 2015).



Gambar 2 (a) Balok sebelum terjadi defleksi, (b) Balok setelah terjadi defleksi

Ada beberapa hal yang mempengaruhi terjadinya suatu defleksi antara lain:

- Kekakuan batang (elastisitas batang)

Semakin besar nilai kekakuan suatu batang maka defleksi atau lendutan yang dihasilkan akan semakin kecil.

- Besar kecilnya gaya yang diberikan

Defleksi yang terjadi pada suatu batang akan berbanding lurus dengan besar kecilnya gaya yang diberikan. Artinya semakin besar beban yang diberikan pada suatu batang maka defleksi yang terjadi semakin besar pula.

- Jenis-jenis tumpuan yang diberikan

Besarnya reaksi dan arah yang ada pada setiap jenis tumpuan akan bervariasi. Oleh karena

itu penggunaan nilai defleksi pada tumpuan yang berbeda-beda tidaklah sama. Semakin besar reaksi pada tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada tumpuan rol akan lebih besar dari tumpuan pasak (pin) dan defleksi yang terjadi pada tumpuan jepit lebih kecil pula dari tumpuan pin.

d. Jenis beban yang dialami batang

Pada jenis beban terpusat dan beban terbagi rata, keduanya memiliki kurva defleksi yang berbeda. Pada beban terbagi rata slope yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar dari slope terpusat. Hal ini terjadi karna pada beban terbagi rata seluruh batang mengalami beban sedangkan pada beban terpusat batang hanya mengalami beban pada titik tertentu saja (Basori dkk, 2015).

Perhitungan defleksi untuk beban yang bekerja ditengan bentang sebagai berikut:

$$\frac{Y_L}{2} = \frac{PL^3}{48EI}$$

Keterangan:

P = Beban (N)

L = Panjang Spesimen (mm)

E = Modulus Elastisitas (MPa)

I = Momen Inersia (mm⁴)

Momen Inersia Penampang (I) Dan Modulus Elastisitas (E)

a. Nilai momen inersia

Momen inersia merupakan salah satu parameter geometri yang diperlukan dalam analisis struktur. Adanya momen inersia dalam analisis struktur sangat penting dalam perencanaan suatu komponen, bangunan atau struktur, maupun benda. Momen inersia dapat diperoleh dengan:

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

Keterangan :

I = Momen inersia (mm⁴)

b = Lebar (mm)

h = Tebal (mm)

b. Modulus elastisitas

Merupakan besarnya gaya yang diperlukan tiap satuan luas penampang batang agar batang mengalami pertambahan panjang. Menurut Hooke, modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan suatu benda. Secara sistematis dirumuskan dengan:

❖ Tegangan tarik (σ)

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

❖ Regangan tarik (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\sigma}{L_0}$$

❖ Modulus elastisitas (E)

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

Keterangan:

E = Modulus elastisitas (N/m²)

σ = Tegangan (N/m²)

ϵ = Regangan

p = gaya tarik yang bekerja (N)

L₀ = panjang batang awal (mm)

L₁ = panjang batang akhir (mm)

A₀ = luas penampang awal (mm²)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan menggunakan bahan, alat, dan penentuan dimensi spesimen berdasarkan standar pengujian yang disarankan, selanjutnya adalah menentukan kekuatan tarik dan defleksi balok batang nangka.

Rencana Pengumpulan Data

Kegiatan penelitian akan dilaksanakan selama dua bulan pada Laboratorium Teknik Mesin yang bertempat di Universitas Kristen Indonesia Paulus dengan pengujian Tarik dan Defleksi Balok Batang Nangka Dengan Tumpuan Sederhana.

Bahan-Bahan dan Alat

Berdasarkan kebutuhan penelitian ini, yang terdiri dari sejumlah alat dan bahan yang dibutuhkan, terdiri dari :

Bahan-Bahan

Bahan-bahan yang digunakan terdiri dari:

1. Batang kayu nangka
2. Asap cair grade 3 dari batok kelapa

Peralatan.

Peralatan yang digunakan dalam proses penelitian ini terdiri dari: sensour, parang, gergaji, gerinda, mistar ukur, roll meter, dan terpal..

Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan mengikuti prosedur dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

Pembuatan spesimen

Dimensi spesimen yang di buat:

Panjang (L)	: 600 mm
Lebar (b)	: 30 mm
Tebal (h)	: 20 mm

Setelah pembuatan selesai sampel akan dikeringkan selama 7 hari.

Proses perendaman

Proses perendaman dilakukan dengan perendaman dingin menggunakan asap cair grade 3 dari batok kelapa. Material uji yang digunakan memiliki kadar air yang kecil dari kadar air jenuh atau kurang dari 30%.

Tahapa-tahapan proses perendaman adalah sebagai berikut:

- Tuangkan asap cair yang digunakan ke dalam bak perendaman.
- Masukkan spesimen uji kedalam bak perendaman.
- Bebani spesimen uji dengan batu agar semua spesimen uji terendam dengan baik.
- Spesimen uji direndam selama 4, 8 dan 12 hari.
- Angkat spesimen uji sesuai masing-masing waktu perendaman, kemudian dikeringkan dalam temperatur kamar.

Pengujian tarik

Pengujian tarik pada penelitian ini bertujuan untuk memperoleh nilai modulus elastisitas batang kayu nangka. Ukuran spesimen pengujian tarik didasarkan pada ASTM D-638 Type 1 dengan dimensi sebagai berikut:

Panjang (L)	: 57 mm
Lebar (bo)	: 13 mm
Tebal (ho)	: 7 mm

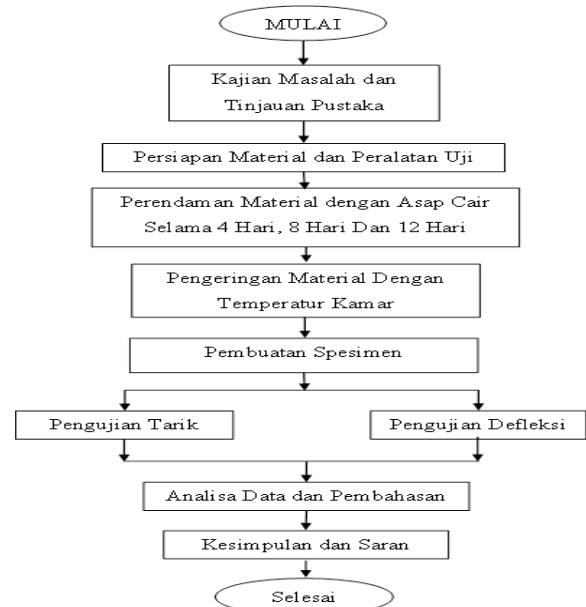
Pengujian defleksi

Dalam pengujian defleksi yang diukur adalah besarnya defleksi yang terjadi pada balok kayu nangka dengan dan tanpa perlakuan yang ditumpu pada tumpuan sederhana. Spesimen pengujian defleksi didasarkan pada spesimen sampel yang ada di Laboratorium Mekanika Terapan dengan dimensi sebagai berikut:

Panjang (L)	: 600 mm
Lebar (b)	: 25 mm
Tebal (h)	: 6 mm

Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam rangkaian penelitian ini digambarkan dalam bentuk *flow chart* sebagai berikut :



Gambar 3 Flowchart penelitian

IV. PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian tarik yang dilakukan dengan spesimen *ASTM D 638 Type 1* untuk material balok nangka dengan perlakuan perendaman asap cair dengan data sebagai berikut:

a. Dimensi spesimen :

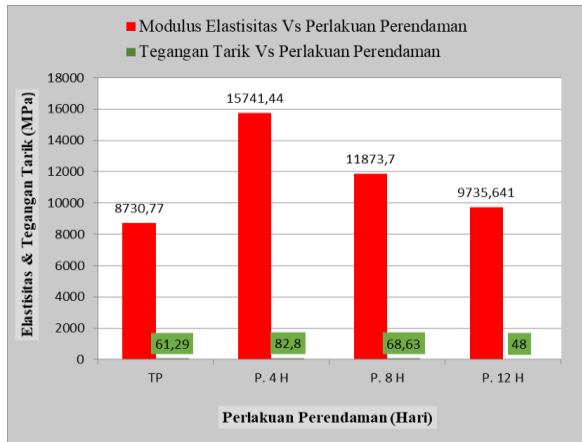
Lebar (b)	: 13 mm
Tebal (t)	: 7 mm
Panjang (L)	: 57 mm
Luas penampang (A)	: 91 mm

b. Data hasil pengujian tarik :

- 1) Beban maksimum (Fmaks) sebagai berikut:
 - ❖ Spesimen normal : 557,75 kgf
 - ❖ Perlakuan 4 hari : 753,50 kgf
 - ❖ Perlakuan 8 hari : 624,50 kgf
 - ❖ Perlakuan 12 hari : 435,00 kgf
- 2) Pertambahan panjang (ΔL) sebagai berikut:
 - ❖ Spesimen normal : 0,40 mm
 - ❖ Perlakuan 4 hari : 0,30 mm
 - ❖ Perlakuan 8 hari : 0,33 mm
 - ❖ Perlakuan 12 hari : 0,28 mm

Analisa hasil pengujian tarik

Didasarkan dari hasil pengujian tarik dan perhitungan yang telah dilakukan maka keseluruhan data dan hasil perhitungan ditabelkan dan dilampirkan pada tabel 1.



Gambar 4 Grafik hubungan antara perlakuan perendaman terhadap modulus elastisitas dan tegangan tarik.

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa perlakuan perendaman asap cair terhadap spesimen uji tarik berpengaruh pada nilai modulus elastisitas dan tegangan tarik. Pada spesimen kontrol nilai modulus elastisitas 8730,77 MPa. Pada spesimen dengan perlakuan perendaman 4 hari nilai modulus elastisitas mengalami peningkatan menjadi 15741,44 MPa, kemudian mengalami penurunan pada spesimen perlakuan perendaman 8 hari dan 12 hari dengan modulus elastisitas masing-masing 11873,7 MPa dan 9735,641 MPa.

Pada spesimen kontrol nilai kekuatan tarik berada pada angka 61,29 MPa. Pada spesimen perlakuan perendaman 4 hari nilai kekuatan tarik meningkat menjadi 82,8 MPa, kemudian mengalami penurunan pada spesimen perlakuan perendaman 8 hari dan 12 hari dengan nilai kekuatan tarik masing-masing 68,63 MPa dan 48 MPa.

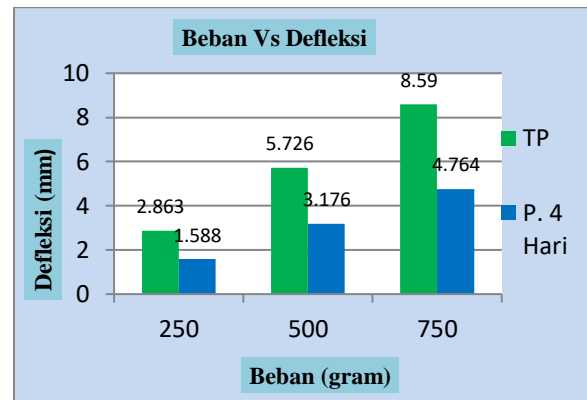
Pengaruh perendaman asap cair paling baik diperoleh pada perlakuan perendaman 4 hari. Penyerapan kandungan asap cair seperti karbonil, fenol, asam dan zat-zat lainnya telah mampu mengisi rongga-rongga sel kayu atau dengan kata lain waktu 4 hari telah mampu menaikkan kadar air kayu mencapai titik jenuh serat, sehingga meskipun waktu perendaman ditambah kandungan asap cair tidak mampu lagi diserap oleh kayu melainkan akan mengalami penguapan, (Anggraini dan Yuniningsih, 2020). Pada perlakuan perendaman 8 dan 12 hari kembali mengalami penurunan karena kerusakan struktur spesimen sebagai akibat dari perlakuan perendaman terlalu lama sehingga terjadi proses yang

berlebihan menyebabkan kekuatan spesimen menurun sehingga spesimen menjadi getas dan rapuh.

Pada penelitian ini penyerapan karbonil tertinggi yang mampu meningkatkan kekakuan spesimen diperoleh pada spesimen dengan perlakuan perendaman 4 hari, dengan modulus elastisitas 15741,44 MPa dan tegangan tarik 82,8 MPa.

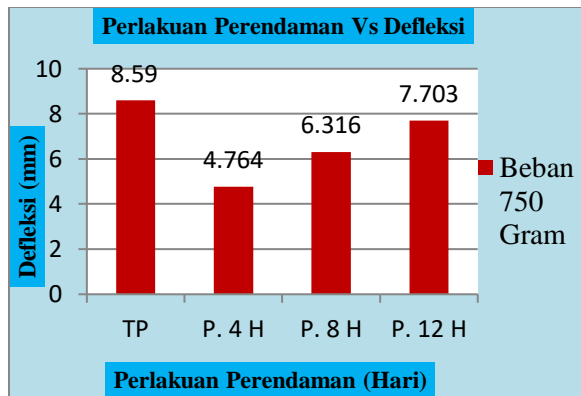
Analisa Hasil Pengujian Tarik

Pada perhitungan data pengujian defleksi yang dihitung hanya spesimen yang memiliki nilai modulus elastisitas paling tinggi yaitu pada spesimen perendaman 4 hari. Sedangkan untuk data spesimen kontrol sebagai pembanding dihitung dengan cara yang sama dan hasil perhitungan dilampirkan dalam bentuk tabel 2.



Gambar 5 Grafik hubungan beban vs defleksi

Dari grafik hubungan antara beban vs defleksi diatas dapat disimpulkan bahwa besarnya beban berbanding lurus terhadap nilai defleksi, dimana semakin besar beban yang diberikan maka nilai defleksi yang terjadi juga akan semakin besar. Dapat dilihat pada grafik diatas untuk spesimen perendaman 4 hari beban 250 gram dengan defleksi 1,588 mm mengalami kenaikan pada beban 500 gram dan 750 gram dengan nilai masing-masing 3,176 mm dan 4,764 mm.



Gambar 6 Grafik hubungan perlakuan perendaman vs defleksi

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa perlakuan perendaman asap cair berpengaruh terhadap nilai defleksi. Untuk beban 750 gram spesimen kontrol dengan defleksi 8,59 mm mengalami penurunan pada perendaman 4 hari dengan nilai defleksi 4,764 mm dan kembali mengalami kenaikan nilai defleksi pada perendaman 8 hari dan 12 hari dengan nilai masing-masing 6,316 mm dan 7,703 mm. Pengaruh perendaman asap cair lebih efektif diperoleh pada perendaman 4 hari jika dibandingkan dengan perendaman 8 hari dan 12 hari.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pengujian balok batang nangka dengan perlakuan perendaman asap cair dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Perlakuan perendaman asap cair berpengaruh terhadap kekuatan tarik material balok batang nangka. Nilai kekuatan tarik pada spesimen kontrol (tanpa perlakuan) 61,29 MPa, dan setelah mengalami perlakuan perendaman 4 hari menjadi 82,80 MPa.
- Beban terpusat berpengaruh terhadap defleksi balok batang nangka. Semakin besar beban pada balok semakin besar pula defleksi yang diperoleh, atau dengan kata lain beban berbanding lurus dengan defleksi balok. Untuk beban 750 gram pada spesimen kontrol defleksinya 8,590 mm, dan pada perlakuan perendaman 4 hari dengan defleksi 4,764 mm. Dimana kita ketahui bahwa semakin kecil defleksi suatu material maka material tersebut semakin kuat.

SARAN

Melalui penelitian dan data yang dihasilkan maka penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

- Apabila pembaca tertarik untuk melakukan penelitian yang sama dikemudian hari, penulis menyarankan untuk melakukan perendaman maksimal 4 hari.
- Dalam memilih spesimen pilih spesimen yang sama, misalnya batang pada pangkal, maka spesimen lainnya juga harus berasal dari pangkal.
- Untuk Universitas Kristen Indonesia Paulus, terkhusus Prodi Teknik Mesin mohon pendingin ruangan ditambahkan pada Lab Mekanika Terapan untuk kenyamanan saat melakukan pengujian.
- Fasilitas alat uji pada Lab Mekanika Terapan mohon dimaintanance, mana yang masih bisa digunakan dan yang tidak bisa digunakan lagi mohon diganti.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, S. P. A., & Yuniningsih, S. (2020, October). Teknologi Aplikasi Asap Cair Grade 3 Tempurung Kelapa Terhadap Kualitas Kayu Meranti. In *Prosiding SENTIKUIN (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur)* (Vol. 3, pp. C12-1).
- Avianto, J., Imron, A., & Sujiatanti, S. H. (2014). Analisa Tegangan Yang Terjadi Pada Geladak Kapal Tanker Akibat Pengaruh Perubahan Letak Pembujur Geladak Dengan Metode Elemen Hingga.
- Azis, A., Prayitno, T. A., Hadikusumo, S. A., & Santoso, M. (2013). Uji ekstrak etanol kumis kucing (*Orthosiphon sp.*) sebagai pengawet alami kayu. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1), 48-56.
- Basori, S. (2015). Suharwanto," Analisis Defleksi Batang Lentur Menggunakan Tumpuan Jepit Dan Rol Pada Material Alumunium 6063 Profil U Dengan Beban Terdistribusi,". *Jurnal*
- Cahyanto, B. S. (1996). Analisis Tegangan-Tegangan Kayu Nangka dalam Penggunaannya sebagai Bahan Struktur Berdasarkan Uji di Laboratorium.

6. Drazad Herlambang, A. (2019). *Pengaruh Tebal Silinder Terhadap Lendutan Pada Silinder Melingkar Bahan Aluminium Yang Ditekan Secara Statik* (Doctoral dissertation).
7. Haygreen, J. G., & Bowyer, J. L. (1996). Hasil hutan dan ilmu kayu: Suatu pengantar (Terjemahan). *Gajha Mada Universitas Press. Yogyakarta*.
8. HIDAYAH, R. N. (2010). *Standardisasi Ekstrak Metanol Kulit Kayu Nangka (Artocarpus heterophylla Lamk.)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
9. Hidayat, D. M. (2017). *Pengawetan Kayu Durian Melalui Rendaman Dingin Menggunakan Bahan Pengawet Kecubung Ditinjau Terhadap Kuat Lentur* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
10. Isworo, H., Ghofur, A., Cahyono, G. R., & Riadi, J. (2019). Analisis Displacement pada Chassis Mobil Listrik Wasaka. *ELemen: Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 94-104.
11. Jihannanda, P. (2013). *Studi Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon Dengan Kayu Kelapa Di Daerah Gunung Pati Semarang* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
12. Kajian, T., Habibi, M., Rini, W. D. P., Suryanto, S. R. K., Md, A., & Yulianto, H. Konservasi Cagar Budaya Kayu Menggunakan Asap Cair Tahap Ii.
13. Karlinasari, L., Rahmawati, M., & Mardikanto, T. R. (2010). Pengaruh pengawetan kayu terhadap kecepatan gelombang ultrasonik dan sifat mekanis lentur serta tekan sejajar serat kayu *Acacia mangium Willd. Jurnal Teknik Sipil ITB*, 17(3), 163-170.
14. Nasution, S. M. I. (2017). Analisis dan Eksperimen Pengujian Balok Kayu yang Diawetkan Terhadap Kuat Lentur Balok Kayu.
15. Palungan, M. (2017). *Pengaruh Perlakuan Pengasapan Serat Daun Nanas Raja (Agave Cantala Roxb) Terhadap Kompatibilitas Serat-Matrik Epoksi* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
16. Pranata, Yosafat Aji, and Bambang Suryatmono. "Kekuatan Tekan Sejajar Serat dan Tegak Lurus Serat Kayu Ulin (Eusideroxylon Zwageri)." *Jurnal Teknik Sipil ITB* 21.1 (2014): 13-22.
17. Putra, A. R. (2019). Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Raru (Cotylelobium melanoxylon).
18. Sembiring, F. G. (2018). Analisis dan Eksperimen Perbandingan Pengujian Balok Kayu yang Diawetkan dengan Asam Boraks 10%, 20%, 30% dan Tanpa Pengawetan Terhadap Kuat Lentur Balok Kayu.
19. Sumedi, A., Budiarso, E., & Kusuma, I. W. (2011). Pemanfaatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa sebagai Bahan Pengawet Kayu Karet (Hevea brasiliensis Muell. Arg.). *Jurnal Kehutanan Tropika Humida*, 4(1), 1-12.
20. TULIS, K. (2008). PENGAWETAN KAYU.
21. Yusuf, N., Hariadi, H., & Tawar, A. S. A. (2020). Perbandingan Eksperimen Defleksi Batang Kantilever Berprofil Strip Terhadap Persamaan Teoritis Untuk Bahan Fe Dan Al. *Rang Teknik Journal*, 3(1), 89-93.