

# Aplikasi Nanopartikel Liat terhadap Peningkatan Kualitas Kekuatan dan Keawetan Kayu Sengon

**Budi Winarni\***

Pengelolaan Perkebunan, Politeknik  
Pertanian Negeri Samarinda,  
Samarinda, 75131  
bwinarni14@gmail.com  
\*Corresponding author

**Taman Alex**

Rekayasa Kayu, Politeknik  
Pertanian Negeri Samarinda,  
Samarinda, 75131  
tamanalex2@gmail.com

**Abstrak**—Aplikasi nanopartikel liat sebagai bahan pengawet kayu karena nanopartikel bersifat halus dan larut dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas keawetan dan kekuatan kayu. Pengawetan kayu dengan bahan nanopartikel liat yang menggunakan teknik impregnasi ke dalam kayu sengon agar dapat meningkatkan sifat kekuatan dan keawetannya. Bahan yang digunakan adalah nanopartikel liat, kayu sengon (*Paraserienthis falcataria*) yang dibuat contoh uji 2cmx2cmx40cm. Sebanyak 30 contoh uji dikeringudarkan, dari 30 contoh uji dirinci 10 contoh uji dijadikan pembanding tanpa diimpregnasi, sedangkan 20 contoh uji diimpregnasi dengan bahan nanopartikel liat dalam konsentrasi larutan sebesar 5% dan 2,5%. Impregnasi yang dilaksanakan adalah vakum awal sebesar 10 cmHg selama 10 menit dan dilanjutkan dengan tekanan sebesar 60 psi selama 2 jam serta vakum akhir sebesar 10 cmHg selama 10 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa retensi dengan nanopartikel liat pada konsentrasi 5% dan 2,5% nilainya cukup tinggi. Keawetan kayu yang didasarkan pada persentase kehilangan berat dari serangan rayap kayu kering pada kayu sengon yang diawetkan dan tanpa pengawetan menunjukkan hasil yang sangat berbeda, terjadi peningkatan kelas awet, yaitu dari kelas awet empat menjadi kelas awet satu. Kekuatan kayu sengon ditunjukkan oleh adanya perubahan nilai tegangan pada batas proporsi, modulus patah dan modulus elastisitas, yaitu terjadinya peningkatan kekuatan dari kelas kuat lima atau sangat rendah menjadi kelas kuat empat atau rendah.

**Kata Kunci**—Nanopartikel Liat, Impregnasi, Keawetan, Kekuatan, Kayu Sengon.

## I. PENDAHULUAN

Kegunaan kayu adalah sebagai bahan konstruksi bangunan perumahan. Untuk bahan kayu bangunan diperlukan kayu yang memiliki sifat mekanik atau sifat kekuatan tinggi. SNI 7973-2013 (BSN, 2013), menggolongkan kekuatan kayu ke dalam Kelas Kuat Kayu Indonesia, yaitu kelas kuat I, II, III, IV dan V, dengan sebutan sangat tinggi/sangat kuat, tinggi/kuat, sedang, rendah dan sangat rendah. Penggolongan kelas

kekuatan kayu didasarkan pada nilai kekuatan lentur mutlak atau modulus patah atau Modulus of Rupture (MOR). Selanjutnya nilai MOR dari kelas tertinggi hingga kelas terendah berturut-turut yaitu >1100 kg/cm<sup>2</sup>, 1100–725 kg/cm<sup>2</sup>, 725–500 kg/cm<sup>2</sup>, 500–300 kg/cm<sup>2</sup> dan <300 kg/cm<sup>2</sup>. Kayu yang memiliki keawetan dan kekuatan tinggi (kelas kuat I dan II) secara alami sangat langka. Untuk meningkatkan kualitas kekuatan kayu diperlukan pengolahan kayu atau rekayasa kayu. Impregnasi adalah proses rekayasa kayu dengan cara memasukkan bahan kimia atau partikel ke dalam kayu yang menggunakan metode pengawetan kayu secara sel penuh agar kekuatan dan keawetannya lebih baik (Febrianto et al., 2014). Metoda pengawetan kayu secara sel penuh adalah pelaksanaan pengawetan kayu yang menggunakan vakum awal, tekanan dan vakum akhir. Objek dari penelitian ini adalah peningkatan kualitas kayu sengon dengan bahan nanopartikel liat.

Nanopartikel liat merupakan partikel yang diperoleh dari tanah liat. Tanah liat adalah suatu jenis tanah yang miskin unsur hara untuk kebutuhan tumbuhan, sehingga disebut tanah buruk atau acrisol. Partikel tanah liat mempunyai ukuran berkisar 2-50 mikron, banyak mengandung zat besi, aluminium dan berlempung silikat (Putri & Pratiwi, 2017). (Moral & Rebollo, 2017) menyatakan bahwa tanah ini disebut buruk karena menghambat pertumbuhan tanaman pertanian. Ukuran partikel tanah liat yang kecil tersebut akan bermanfaat dan bernilai tinggi jika diproses menjadi ukuran nanopartikel sehingga akan lebih mudah masuk ke dalam rongga-rongga kayu. Nanopartikel liat banyak mengandung unsur logam terutama besi, sehingga jika bahan ini diimpregnasikan ke dalam kayu dan masuk mengisi rongga-rongga kayu akan meningkatkan sifat kekuatannya. (Alex et al., 2018) menyatakan bahwa impregnasi menggunakan nanopartikel liat pada kayu meranti dapat menahan serangan rayap kayu kering. Rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus* Light) adalah jenis serangga yang banyak menyerang dan merusak kayu yang sudah kering terutama pada perabotan rumah tangga seperti lemari, meja dan kursi yang terbuat dari kayu serta kusen, pintu, jendela dan dan rangka flapon yang berasal dari kayu dengan keawetan rendah.

Kayu sengon merupakan anggota famili Fabaceae, mengalami pertumbuhan cepat dan merupakan jenis kayu yang banyak ditanam pada hutan tanaman industri (HTI) dan hutan rakyat di Indonesia. Kayu sengon merupakan jenis kayu yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi ringan atau nonstruktural (Pujiastuti, 2018). Kayu sengon memiliki berat jenis 0,33 dan tergolong dalam kelas kuat V dan kelas awet IV (Muslich & Rulliaty, 2016). Kayu sengon yang tergolong kelas kuat V, setelah diimpregnasi dengan bahan trusi kekuatannya naik menjadi kelas kuat IV. (Awaludin & Wusqo, 2020) melaporkan bahwa pengelompokan kelas kuat jenis kayu tropis hasilnya sangat signifikan. (Basuki et al., 2014) menyatakan bahwa perlakuan-perlakuan seperti perekatan kayu dengan melamin formaldehida, polivenil asetat dapat mempengaruhi sifat kekuatannya. Menurut (Balfas et al., 2018) indikator nilai kekuatan kayu sangat berhubungan dengan nilai berat jenis kayu, semakin tinggi berat jenis semakin keras dan semakin tinggi nilai kekuatan kayu.

Pengawetan kayu adalah pemberian perlakuan dengan bahan kimia terhadap kayu-kayu bangunan dan berbagai produk kayu lainnya yang digunakan pada konstruksi berat maupun ringan. Tujuan utamanya adalah untuk memperpanjang umur pemakaian bahan, untuk menghindari pergantian yang terlalu sering pada konstruksi permanen maupun semi permanen. Perlakuan pengawetan kayu dapat dilakukan dengan bermacam-macam cara atau metode tergantung dari kemampuan, kondisi, dan tujuannya (Hossain et al., 2013). (R. Thomson, 2015) mengelompokkan metode pengawetan dalam tiga kelompok, yaitu pengawetan kayu dengan metode tekanan, tanpa tekanan, dan metode khusus. Metode tekanan terdiri dari proses sel penuh atau impregnasi, proses sel kosong, metode tekanan bergoyang, proses vakum dan metode bertingkat. Proses tanpa tekanan terdiri dari metode rendaman, metode perlakuan permulaan atau proses sederhana dan proses difusi, sedangkan metode khusus diantaranya adalah pengeboran kayu untuk membuat lubang-lubang tempat memasukkan bahan pengawet.

Teknologi pengawetan kayu adalah suatu perlakuan untuk merekayasa dan memperbaiki kualitas kayu dengan cara memasukkan bahan kimia ke dalam kayu agar kayu menjadi lebih tahan lama/awet dalam pemakaian dan dapat meningkatkan kekuatan kayu (Alex et al., 2018). Sedangkan bahan kimia pengawet kayu yang digunakan adalah bahan kimia yang dapat menghambat organisme perusak kayu. Organisme perusak kayu adalah cendawan/jamur, serangga atau rayap dan cacing laut (Raharjo et al., 2020). Menurut (Wahyudi. et al., 2012), kerusakan kayu yang disebabkan serangan rayap tanah lebih besar dari pada serangan perusak kayu lainnya. Pengawetan kayu telah banyak dilakukan dengan menggunakan bahan pengawet kayu bermerek tertentu yang diimpor dari luar negeri dengan bahan kimia yang tidak ramah lingkungan, misalnya merek CCA yang terdiri dari komposisi bahan kimia: arsen, tembaga, krom. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri, bahwa bahan

kimia arsen, tembaga dan krom termasuk bahan kimia yang tidak ramah lingkungan dan penggunaannya harus dibatasi. Prinsip pengawetan kayu adalah melapisi bagian luar atau permukaan kayu dengan bahan pengawet kayu agar tidak mudah diserang jamur dan serangga perusak kayu (Sribudiani et al., 2021). Sejak dahulu masyarakat pedesaan telah mengawetkan kayu secara tradisional dengan merendam kayu di dalam lumpur dalam waktu cukup lama (2-6 bulan). Diketahui bahwa tanah liat sifatnya masam, sehingga kayu yang terisi tanah liat tidak mudah dimakan serangga perusak kayu.

Proses sel penuh merupakan salah satu cara pengawetan kayu yang termasuk dalam metode tekanan yang lazim dilakukan untuk mengawetkan kayu bangunan. Pengawetan kayu dengan proses sel penuh memiliki beberapa keuntungan antara lain penetrasi dan retensi bahan pengawet cukup tinggi dengan waktu yang relatif singkat (Hossain et al., 2013). Selain itu, gangguan terhadap lingkungan dapat diperkecil, karena pelaksanaan pengawetan dilakukan di dalam tangki yang tertutup dan aman. (R. Thomson, 2015) menyebutkan bahwa pengawetan kayu dengan proses sel penuh atau impregnasi sangat tepat digunakan untuk bahan pengawet larut air dengan persyaratan kayu dalam keadaan kering udara, sehingga larutan bahan pengawet dapat mengisi rongga-rongga sel yang kosong. Pelaksanaan pengawetan proses impregnasi atau metode vakum-tekan dapat diuraikan secara berurutan, yaitu kayu dimasukkan ke dalam tangki pengawet, vakum awal dimulai, vakum ini tetap dipertahankan dan dilanjutkan dengan larutan bahan pengawet dialirkan ke dalam tangki pengawet. Selama pengaliran bahan pengawet, vakum tidak boleh turun lebih dari 10 cmHg. Vakum awal dihentikan dan tekanan dimulai. Periode tekanan berlangsung dan besarnya tekanan dipertahankan. Tekanan dihentikan, larutan dialirkan kembali ke dalam tangki persediaan. Vakum akhir dimulai. Periode vakum akhir berlangsung selama 10-30 menit kemudian vakum akhir dihentikan. Proses pengawetan kayu metode sel penuh atau impregnasi selesai dan kayu dikeluarkan dari dalam tangki pengawet kemudian disimpan.

Retensi adalah jumlah bahan pengawet yang terdapat di dalam kayu pada waktu proses pengawetan telah selesai. Retensi dihitung dalam satuan kilogram bahan pengawet setiap meter kubik kayu yang diawetkan (Maulana et al., 2019). (Hossain et al., 2013), menyebutkan retensi bahan pengawet merupakan faktor penting sebagai indikator keberhasilan pengawetan, karena besarnya retensi dapat mempengaruhi keefektifan sistem pengawetan dalam memperpanjang umur penggunaan kayu yang diawetkan. Selanjutnya dikatakan bahwa besarnya retensi dapat ditingkatkan dengan menambah atau memperbesar konsentrasi bahan pengawet, dengan kata lain hubungan retensi dan konsentrasi bahan pengawet adalah linier. Menurut (Suprpti et al., 2021), retensi bahan pengawet larut air yang tinggi sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan keberadaan bahan pengawet dalam kayu, akan tetapi retensi yang berlebihan akan menyebabkan kayu mudah rapuh. (Hossain et al., 2013), mengemukakan persyaratan

retensi bahan pengawet larut air yang mengandung unsur kimia besi, tembaga adalah 4-20 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan nanopartikel liat mengandung unsur-unsur kimia tersebut. Jika retensi kurang dari yang dipersyaratkan kayu tidak mampu bertahan dari serangan perusak kayu dan umur pemakaian menjadi pendek.

Kayu dalam penggunaan sebagai bahan baku untuk pembuatan perabot rumah tangga maupun konstruksi bangunan, kayu akan mengalami gaya-gaya yang berasal dari luar. Gaya-gaya dari luar yang mengenai benda tersebut bisa menyebabkan kayu berubah bentuknya. Kemampuan kayu guna menahan beban dari luar tersebut disebut sifat/kekuatan kayu dan merupakan salah satu dasar pertimbangan dalam penggunaannya (Yoresta, 2015). Gaya-gaya yang mengenai kayu disebut sebagai tegangan (*stress*). Menurut (Hidayat et al., 2013), gaya dibagi menjadi tiga macam bentuk utama, yaitu gaya yang mengakibatkan pemendekan ukuran atau memperkecil volume benda disebut sebagai gaya tekan, gaya yang mempunyai kecenderungan untuk memperbesar ukuran atau volumenya disebut gaya tarikan, gaya yang bisa mengakibatkan satu bagian dari suatu benda bergeser terhadap bagian yang lainnya dalam arah sejajar dengan permukaan bidang singgung disebut gaya geser. Kombinasi antara ketiga macam bentuk gaya utama akan menghasilkan gaya lengkung. Ketahanan suatu benda untuk dikenai gaya disebut sebagai kekuatan. Besarnya perubahan bentuk akibat dari gaya yang dikenakan disebut sebagai regangan dan dirumuskan sebagai perubahan bentuk atau deformasi.

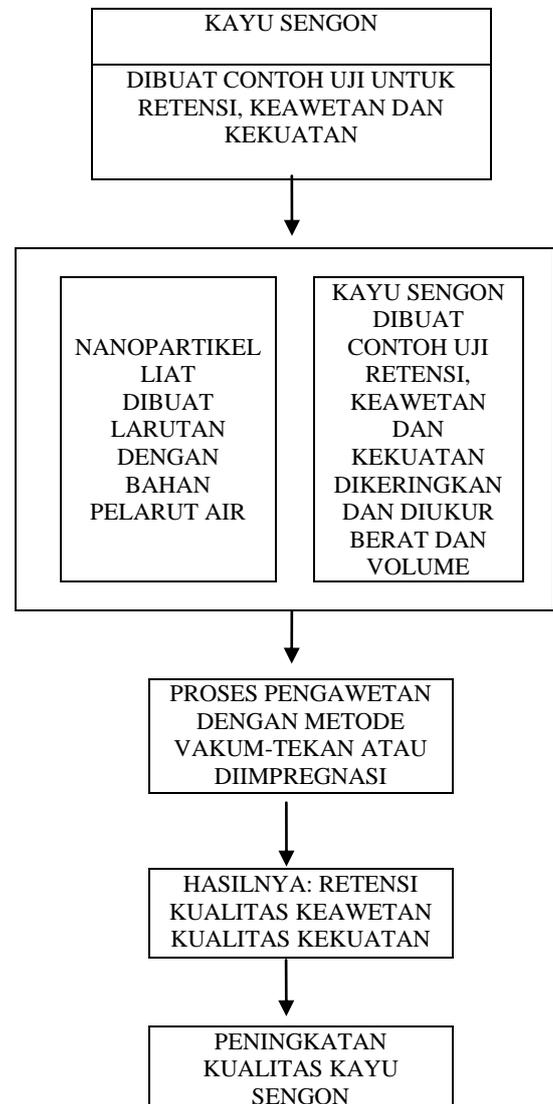
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek impregnasi nanopartikel liat pada peningkatan kekuatan kayu sengon. Disamping itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui hubungan impregnasi nanopartikel liat dengan sifat kekuatan kayu.

## II. METODOLOGI

Kayu sengon dibuat ukuran 2cm x 2cm x 40cm dikeringudarkan sampai kadar air pada alat moisture meter menunjukkan angka 18%. Sebelum kayu dimasukan ke dalam tabung impregnasi, dilakukan pengukuran volume dan beratnya. Kayu diimpregnasi dengan larutan nanopartikel liat pada konsentrasi 2,5% dan 5%. Jumlah contoh uji kayu pada masing-masing konsentrasi maupun kontrol adalah 10. Total jumlah contoh uji sebanyak 30. Tekanan impregnasi diberikan sebesar 60 psi selama 2 jam, dengan vakum awal 10 cmHg selama 30 menit dan vakum akhir sebesar 10 cm Hg selama 15 menit. Selanjutnya kayu dikeluarkan dari tabung dan ditimbang kembali untuk mencari nilai retensinya. Perhitungan nilai retensi menggunakan rumus dari (R. Thomson, 2015). Prosedur jalannya penelitian secara singkat digambarkan dalam bagan alur yang disajikan pada Gambar 1.

Langkah selanjutnya, seluruh contoh uji ukuran 2cm x 2cm x 40cm dikeringkan kembali dengan oven pengering pada suhu 80°C hingga mencapai kadar air 10%, sedang contoh uji ukuran 0,5cm x 2,5cm x 2,5cm dikeringtanurkan, kemudian diuji dengan rayap kayu kering menurut SNI 7207-2014 (BSN, 2014).

Contoh uji ukuran 2cm x 2cm x 40cm diuji kekuatannya dengan menggunakan alat penguji kayu Universal Testing Machine untuk memperoleh data tentang nilai tegangan pada batas proporsi, modulus patah dan modulus elastisitas (kelenturan) dengan menggunakan rumus dari ASTM D143-94.2007. Nilai tegangan pada batas proporsi atau stress on proportion limit (SPL), modulus patah atau modulus of rupture (MOR), modulus elatisitas atau modulus of elasticity (MOE), dihitung berdasarkan rumus dalam Tabel 1



Gambar 1. Alur Penelitian

Tabel 1. Dimensi Contoh Uji dan Rumus

| Uji      | Dimensi (cm) |         | Rumus   |
|----------|--------------|---------|---|
|          | Potongan     | Panjang |   |
| Retensi  | 2x2          | 40      | $R = \{(W_2 - W_1) \times C\} / V$  |
| Kekuatan | 2x2          | 40      | $MOR = (3 \times P_{max} \times L) / (2bh^2)$<br>$MOE = (P_{PL} \times L^3) / (4fbh^3)$<br>$SPL = (3 \times P_{PL} \times L) / (2bh^2)$ |

Keterangan:

- R = retensi
- $W_1$  = berat sebelum diimpregnasi
- $W_2$  = berat setelah diimpregnasi
- C = konsentrasi
- V = volume
- MOE = modulus elastisitas
- $P_{max}$  = beban maksimum
- L = jarak bentang
- b = lebar contoh uji
- h = tebal contoh uji
- MOE = modulus patah
- $P_{PL}$  = beban pada batas proporsi
- f = defleksi

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Impregnasi Nanopartikel Liat pada Retensi Kayu Sengon

Nilai retensi kayu sengon yang diimpregnasi dengan nanopartikel liat pada konsentrasi yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Nilai Retensi Kayu Sengon Hasil Impregnasi Nanopartikel Liat

| Jenis kayu | Konsentrasi (%) | Nilai retensi (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------|-----------------|------------------------------------|
| Sengon     | 2,5             | 11,20                              |
|            | 5               | 22,73                              |

Nilai retensi nanopartikel liat telah memenuhi syarat sebagai bahan pengawet larut air. Menurut (R. Thomson, 2015) menyatakan tentang persyaratan retensi bahan pengawet larut air pada petunjuk teknis pengawetan kayu adalah 8–12 kg/m<sup>3</sup> dengan konsentrasi 2-5%. Nilai retensi berdasarkan konsentrasi, menunjukkan bahwa kayu sengon yang diimpregnasi dengan nanopartikel liat pada konsentrasi 5% mempunyai nilai retensi yang sangat tinggi mencapai 22,73 kg/m<sup>3</sup> sehingga melebihi nilai retensi yang dipersyaratkan untuk bahan pengawet larut air sebesar 12 kg/m<sup>3</sup>. (Suprpti et al., 2021) menyebutkan bahwa retensi pengawet larut air yang berlebihan dapat menyebabkan kayu mudah rapuh. Tingginya nilai retensi menunjukkan bahwa kayu sengon termasuk jenis yang mudah diimpregnasi dengan bahan nanopartikel liat. Ukuran nanopartikel liat kurang dari satu (1) mikron juga menentukan mudahnya partikel masuk kedalam kayu. Menurut (Hidayat et al., 2013) ukuran terkecil pori kayu berkisar 15-50 mikron. Pengukuran kerapatan atau berat jenis (BJ) kayu sengon adalah sebesar 0,30. Nilai retensi merupakan penentu keberhasilan proses pengawetan kayu dan merupakan indikator dari keterawetan (treatabilitas), yakni mudah atau tidaknya jenis kayu diawetkan dengan

bahan kimia atau partikel (Alex et al., 2017). Semakin tinggi nilai retensi berarti kayu semakin baik dan mudah diawetkan. Menurut (Hidayat et al., 2013), konsentrasi larutan dan sifat struktur kayu sangat menentukan permeabilitas dan peresapan larutan bahan kimia pengawet ke dalam kayu. Permeabilitas kayu mempengaruhi nilai retensi. (Mustafa, 2012) menyampaikan bahwa fraksi tanah liat berukuran 2- 50 mikron.

#### B. Aplikasi Nanopartikel Liat pada Kekuatan Kayu Sengon

Kekuatan kayu sengon yang diimpregnasi dengan nanopartikel liat pada konsentrasi yang berbeda tercantum pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 tersebut di atas impregnasi nanopartikel liat pada kayu sengon mengalami peningkatan yang besar, yaitu peningkatan nilai SPL non impregnasi dari 194,46 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 276,87 kg/cm<sup>2</sup> (konsentrasi 2,5%) dan 296,57 kg/cm<sup>2</sup> (konsentrasi 5%) atau mengalami kenaikan masing-masing sebesar 42% dan 53%.

Tabel 3. Kekuatan Kayu Sengon Hasil Impregnasi dan Non Impregnasi Nanopartikel Liat

| Jenis kayu | Konsentrasi (%) | SPL (kg/cm <sup>2</sup> ) | MOR (kg/cm <sup>2</sup> ) | MOE (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Sengon     | 2,5             | 276,87                    | 320,46                    | 32411,893                 |
|            | 5               | 298,57                    | 376,36                    | 38027,663                 |
|            | Non impregnasi  | 194,46                    | 234,13                    | 19903,973                 |

(Hidayat et al., 2013) Kekuatan pada batas proporsi (*resilience*) adalah besarnya usaha yang dilakukan terhadap suatu benda untuk mengubah bentuknya. Dalam batas proporsi, *resilience* merupakan tenaga potensial yang tersimpan dalam benda itu dan merupakan besarnya usaha yang dapat dilakukan benda itu jika muatan dihilangkan. Benda yang tidak elastis bersifat kaku seperti halnya kayu sendiri, dan akan mudah patah apabila tiba-tiba diberi muatan. Bekas daerah patahannya kelihatan bersih tanpa serabut kayu yang tertinggal, dan kayu demikian dikatakan bersifat getas. Untuk kayu yang getas akan putus secara tiba-tiba sedangkan untuk kayu yang keras akan putus secara perlahan, dan kurvanya turun sedikit-sedikit. Keuletan adalah kemampuan suatu benda untuk melawan deformasi dan mempertahankan bentuk serta ukuran semula bila dikenai muatan atau bahan.

Nilai MOR sengon sebesar 234,46 kg/cm<sup>2</sup> (non impregnasi), setelah diimpregnasi meningkat menjadi 320,46 kg/cm<sup>2</sup> (konsentrasi 2,5%) atau naik sebesar 37% dan 372,46 kg/cm<sup>2</sup> (konsentrasi 5%) nilai atau naik sebesar 61%. Dengan demikian penggolongan kelas kuat kayu sengon naik dari kelas V menjadi ke kelas IV. (Song et al., 2018) menyatakan bahwa rekayasa kayu dengan bahan kimia dapat meningkatkan kekuatan kayu menjadi 10 kali lipat. Hal ini disampaikan oleh (Wahyudi. et al., 2012) menggambarkan bahwa untuk meningkatkan kekuatan kayu secara mutlak perlu

diusahakan dengan berbagai macam cara rekayasa pengisian bahan kimia tertentu ke dalam pori kayu.

Peningkatan nilai MOE kayu sengon dari non impregnasi ( $19903,973 \text{ kg/cm}^2$ ) dibanding dengan impregnasi pada konsentrasi 2,5% ( $32411,893 \text{ kg/cm}^2$ ) dan 5% ( $38027,663 \text{ kg/cm}^2$ ) naik sebesar 63% dan 91%. Kenaikan sebesar 91% tersebut belum dapat merubah posisi kelas kuat berdasarkan modulus elastis. Menurut (Balfas et al., 2018) hubungan nilai MOE dan MOR adalah linear begitu juga hubungan nilai BJ dengan MOE dan MOR, semakin tinggi nilai MOR semakin tinggi nilai MOE, sama halnya semakin tinggi nilai BJ semakin tinggi nilai MOR dan MOE. Sesuai dengan pendapat (Yoresta, 2015), kekuatan kayu sangat variatif tergantung dari jenis kayu. (BSN, 2013) mengelompok kelas kuat kayu berdasarkan nilai modulus elastis, yaitu kelas I dengan nilai MOE sebesar  $125000\text{--}100000 \text{ kg/cm}^2$ , kelas II dengan nilai kurang dari  $125000\text{--}100000 \text{ kg/cm}^2$ , kelas III dengan nilai kurang dari  $100000\text{--}80000 \text{ kg/cm}^2$  dan kelas IV memiliki nilai MOE kurang dari  $80000 \text{ kg/cm}^2$ .

### C. Aplikasi Nanopartikel Liat pada Keawetan Kayu

Salah satu cara untuk menilai keawetan kayu adalah dengan menguji kayu dengan cara mengumpukan pada rayap kayu kering. Nilai rata-rata kehilangan berat contoh uji dari serangan rayap kayu kering disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Prosentase Kehilangan Berat Kayu Sengon dari Serangan Rayap Kayu Kering

| Konsentrasi (%) | Kehilangan berat (%) |
|-----------------|----------------------|
| 0 (TP)          | 10,56                |
| 2,5 (NPL 2,5)   | 1,70                 |
| 5 (NPL 5)       | 0,81                 |

Keterangan:

TP = tanpa pengawetan

NPL 2,5 = pengawetan dengan nanopartikel liat 2,5%

NPL 5 = pengawetan dengan nanopartikel liat 5%

Berdasarkan Tabel 4 di atas nilai rata-rata kehilangan berat kayu sengon yang diawetkan dengan nanopartikel liat pada konsentrasi 2,5% lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi 5%. Namun demikian perbandingan kehilangan berat kayu sengon masih lebih kecil dibandingkan dengan kayu sengon tanpa pengawetan. Uji serangan rayap kayu kering selama 4 minggu menunjukkan nilai persentase yang sangat berbeda antara kayu tanpa pengawetan dibandingkan dengan kayu yang diawetkan dengan nanopartikel liat. Dalam bahan nanopartikel liat terdapat bahan kimia tembaga (Cu) yang beracun bagi perusak kayu. Hal ini dapat dipahami bahwa unsur tembaga (Cu) adalah unsur utama bahan pengawet kayu yang bernama tembaga sulfat atau trusi, dan bahan ini sudah digunakan oleh industri pengawetan kayu dan masyarakat secara umum. Sejarah pengawetan kayu mengatakan bahwa trusi atau tembaga sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) telah digunakan lebih dari satu abad untuk pengawetan kayu dengan tujuan untuk melindungi kayu dari serangan rayap (G. Thomson et al., 2015). Nanopartikel liat yang digunakan dalam pengawetan kayu juga mengandung

bahan kimia tembaga (Cu) beracun pada serangga perusak kayu khususnya rayap kayu kering. Menurut (Hossain et al., 2013) kayu dikatakan awet apabila umur pakainya panjang dan mampu menahan berbagai macam serangan organisme perusak kayu. Nilai suatu jenis kayu secara alami ditentukan oleh keawetannya, bagaimanapun kuatnya kayu kalau tidak awet kualitasnya rendah. Kayu yang mampu menahan serangan rayap tanah belum tentu mampu menahan serangan bubuk atau makhluk perusak lainnya, demikian pula sebaliknya. Hal ini dapat pula disebabkan oleh faktor temperatur, kelembaban udara dan lain-lain, karena faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi kegiatan makhluk perusak kayu (G. Thomson et al., 2015).

Menurut (Febrianto et al., 2014), keawetan kayu secara alami adalah suatu ketahanan kayu secara alamiah terhadap serangan jamur dan serangga dalam lingkungan yang serasi bagi organisme yang bersangkutan. Keawetan alami kayu diperoleh melalui serangkaian uji coba kemudian diperoleh pembagian kelas-kelas awet kayu. Keawetan kayu secara alami di Indonesia pada kondisi pemakaiannya digolongkan dalam lima kelas, yaitu kelas awet I-V. Hubungan kelas awet kayu dengan umur pakai kayu didasarkan pada keawetan secara alami. Hubungan keawetan dengan kerapatan kayu kurang berlaku umum, tidak sama hal dengan hubungan antara kerapatan dengan kekuatan, semakin tinggi kerapatan semakin tinggi kekuatan. Hubungan kerapatan dengan keawetan sangat terbatas pada jenis-jenis tertentu, karena keawetan kayu ditentukan oleh banyaknya kandungan zat ekstraktif bukan oleh besarnya zat kayu. Menurut (Muslich & Rulliaty, 2016) ada beberapa jenis kayu yang kerapatan atau berat jenisnya tinggi tetapi kelas awet rendah, contohnya jenis kayu *Kompasiana malacensis*, sedangkan kayu sengon termasuk golongan kayu yang kerapatan dan kelas awet rendah. Kayu sengon tanpa pengawetan mengalami kehilangan berat lebih besar dari 8,1% yang artinya kayu sengon masuk kedalam klasifikasi ketahanan terhadap rayap kayu kering adalah kelas IV, tetapi setelah diawetkan dengan nanopartikel liat kayu tersebut ketahanannya menjadi kelas I untuk kategori terhadap rayap kayu kering. Menurut SNI 7207-2014 (BSN, 2014) mengenai klasifikasi ketahanan kayu terhadap rayap kayu kering yang didasarkan pada presentase kehilangan berat kayu, yaitu; kelas I kehilangan berat kurang dari 2%, sedangkan kehilangan berat lebih dari 8,1 % termasuk kelas IV.

## IV. KESIMPULAN

Keawetan kayu yang didasarkan pada persentase kehilangan berat dari serangan rayap kayu kering pada kayu sengon yang diawetkan dan tanpa pengawetan menunjukkan hasil yang sangat berbeda, terjadi peningkatan kelas awet, yaitu dari kelas awet IV menjadi kelas awet I.

Kekuatan kayu sengon ditunjukkan oleh adanya perubahan nilai tegangan pada batas proporsi, modulus patah dan modulus elastisitas, yaitu terjadinya peningkatan kekuatan dari kelas kuat V atau sangat rendah menjadi kelas kuat IV atau rendah.

Kayu sengon mengacu pada nilai retensi termasuk kayu yang mudah diimpregnasi dengan nanopartikel liat. Impregnasi nanopartikel liat dapat meningkatkan keawetan dan kekuatan kayu sengon.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alex, T., Winarni, B., Kusuma, I. W., Arung, E. T., & Budiarmo, E. (2017). The clay nanoparticles impregnation for increasing the strength and quality of sengon (*Paraserienthes falcataria*) and white meranti (*Shorea bracteolata*) timber. *Journal Nusantara Bioscience*, 9(1), 107–110. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n090119>.
- Alex, T., Winarni, B., Kusuma, I. W., Arung, E. T., & Budiarmo, E. (2018). The effect of clay nanoparticle on the retention and attack of drywood termite (*Cryptotermes cynocephalus* Light). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 144(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/144/1/012062>
- Awaludin, A., & Wusqo, U. (2020). Prediksi nilai kuat lentur kayu tropis berdasarkan nilai modulus elastis. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 18(1), 1–16. <https://doi.org/10.51850/jitkt.v18i1.542.g446>
- Balfas, J., Basri, E., & Adi Santoso, A. (2018). Efektivitas bahan pengisi kayu pada tiga jenis kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(2), 113–128. <https://doi.org/10.20886/jphh.2018.36.2.113-128>
- Basuki, A., Asad, S., Putri, R. N., & Hermawan, K. P. (2014). Kapasitas lentur balok laminated veneer lumber (LVL) kayu sengon pada variasi penampang. *Prosiding Seminar Nasional MAPEKI XVII. USU*, 131–137.
- BSN. (2013). *Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu. SNI 7973-2013*.
- BSN. (2014). *Uji ketahanan kayu dan produk kayu terhadap organisme perusak kayu. SNI 7207-2014*.
- Febrianto, F., Gumilang, A., Carolina, A., & Yoresta, F. S. (2014). Distribusi bahan pengawet larut air pada kayu diawetkan secara sel penuh dan sel kosong. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 12(1), 26–35. <http://ejournalmapeki.org/index.php/JITKT/article/view/79>
- Hidayat, W., Carolina, A., & Febrianto, F. (2013). Physical, mechanical and durability properties of OSB prepared CCB treated fast growing tree species strands. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 11(1), 55–61. <https://doi.org/10.51850/jitkt.v11i1.104>
- Hossain, M. A., Rahman, A. N. M. M., Hasan, M. M., Karmakar, S., & Zaman, M. A. U. (2013). Enhancement of wood preservation technology by pressure and non-pressure process and comparison of their properties. *International Journal of Science and Engineering Research*, 4(8), 992–1005. <https://doi.org/10.14299/ijser.2013.08.002>
- Maulana, S., Damanik, M. Q. A., Marwanto, Maulana, M. I., Fatrawana, A., Sumardi, I., Wistara, N. J., & Febrianto, F. (2019). Ketahanan oriented strand board bambu betung dengan perlakuan steam pada strand terhadap cuaca. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 17(1), 34–46. <https://doi.org/10.51850/jitkt.v4i2.276>.
- Moral, F. J., & Rebollo, F. J. (2017). Characterization of soil fertility using the Rasch model. *Journal of Soil Science Plant Nutrition*, 17(2), 486–498. <https://www.scielo.cl/pdf/jsspn/v17n2/aop3517.pdf>.
- Muslich, M., & Rulliaty, S. (2016). Ketahanan 45 Jenis Kayu Indonesia Terhadap Rayap Kayu Kering Dan Rayap Tanah. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(1), 51–59. <https://doi.org/10.20886/jphh.2016.34.1.51-59>
- Mustafa, M. (2012). *Dasar-dasar ilmu tanah*. Program Studi Agroteknologi. Jurusan Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Hasanudin.
- Pujiastuti, E. (2018). *3 kayu cepat panen*. Trubus Swadaya.
- Putri, S. E., & Pratiwi, D. E. (2017). Analisis kandungan mineral dalam tanah liat alam Sulawesi Selatan sebagai bahan dasar keramik. *Jurnal Chemica*, 18(1), 35–38. <https://doi.org/10.35580/chemica.v18i1.4668>.
- Raharjo, M. L., Amaliyah, S. M., Lestari, R. Y., & Cahyana, B. T. (2020). Pengaruh ekstrak kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*) terhadap serangan rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus* Light). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 38(1), 25–32. <https://doi.org/10.20886/jphh.2020.38.1.25-32>
- Song, J., Chen, C., & Hu, L. (2018). Processing bulk natural wood into a high performance structural material. *Nature*, 554(7691), 224–228. <https://doi.org/10.1038/nature25476>.
- Sribudiani, E., Satiti, E. S., Arsyad, W. O. M., Somadona, S., Damayanti, R., Djarwanto, Sulaeman, R., Yusuf, S., Amin, Y., Tarmadi, D., Pramasari, D. A., & Syafrinal. (2021). Efektivitas pengawetan dengan teknik infus dan bandage pada pohon balem terhadap serangan rayap kayu kering. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 39(2), 65–73. <https://doi.org/10.20886/jphh.2021.39.2.65-73>
- Suprapti, S., Djarwanto, D., Satiti, E. R., & Efiyanti, L. (2021). Ketahanan lima jenis kayu terhadap serangan delapan jenis jamur pelapuk. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 39(1), 27–38. <https://doi.org/10.20886/jphh.2021.39.1.27-38>
- Thomson, G., Capizzi, J., Dost, F., Morrell, J., & Miller, D. (2015). *Wood preservation and wood product treatment*. Oregon State University.
- Thomson, R. (2015). *The Chemistry of wood preservation*. Woodhead Publishing Limited.
- Wahyudi., Ohtani, Y., & Ichiura, H. (2012). Significant feeding deterrent of berberine from tali kuning (*Tinospora dissitiflora* Diels) against two subterranean termites *Coptotermes formosanus* Shiraki and *Reticulitermes speratus* Kolbe. *Journal of Indonesian Wood Research Society*, 3(1), 18–22. <https://doi.org/10.51850/wrj.2012.3.1.18-22>

Yoresta, F. S. (2015). Modulus elastisitas dan kekuatan lentur balok kayu laminasi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 11(1), 41–44. <https://doi.org/10.25077/jrs.11.1.41-44.2015>.