Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Volume 42, No. 2 Tahun 2024
Journal homepage : https://ejournal.brin.go.id/jphh
DOI: 1055981.jphh.2024.2999

PENINGKATAN KUALITAS VINIR BATANG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN TANIN RESORSINOL FORMALDEHIDA

(*Enhancement the Quality of Oil Palm Veneer using Tannin Resorcinol Formaldehyde*)

Rohmah Pari[1], Dede Hermawan[2*], & Adi Santoso[3]

[1] Program Studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Dramaga, Bogor, 16680, Indonesia.
[2] Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Dramaga, Bogor, 16680, Indonesia.
[3] Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk, Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, 16911, Indonesia.
[*]E-mail : dedehe@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

Oil palm trunk byproducts can be used as a tannin-based impregnant. In this study, oil palm bark extract was reacted with resorcinol and formaldehyde in a weight ratio of 100 : 2.5: 10, using a NaOH catalyst at room temperature until it reached a pH of 10-11 (alkaline conditions) to obtain impregnant. Using impregnated materials can improve the quality of oil palm veneer, i.e., density, stiffness, strength, and thickness swelling. Optimization of the soaking oil palm veneer in impregnant was examined for levels of soaking time treatment, i.e., nontreatment through impregnation (control) and soaking treatment for 15, 30, and 60 minutes, respectively, which were carried out at room temperature. The results of the research showed that the soaking treatment of the veneer in impregnant increased the density (70%), stiffness (2 times), and strength (2 times), with thickness swelling less than 25%. Based on the relationship between the quadratic regression line equation for thickness swelling and soaking time, the optimum impregnation conditions were obtained when the oil palm veneer was soaked in impregnant for 28 minutes.

Keywords: Impregnant, oil palm bark, soaking, tannin, oil palm veneer

ABSTRAK

Produk samping batang kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan impregnan berbasis tanin. Pada studi ini, ekstrak kulit batang sawit direaksikan dengan resorsinol dan formaldehida dengan perbandingan bobot 100 : 2,5 : 10, menggunakan katalis NaOH pada kondisi suhu kamar hingga mencapai pH 10-11 (pada kondisi basa) untuk memperoleh bahan impregnan. Penggunaan bahan impregnasi dapat meningkatkan kualitas vinir sawit meliputi kerapatan, kekakuan, kekuatan, dan pengembangan tebal. Optimasi perendaman vinir sawit dalam impregnan tersebut ditelaah dengan perlakuan waktu perendaman antara lain tanpa perlakuan perendaman (kontrol) serta perlakuan perendaman masing-masing selama 15, 30, dan 60 menit yang dilakukan pada suhu kamar. Hasil penelitian menunjukkan

ISSN : 0216-4329 (print) | e-ISSN : 2442-8957 (online) | © 2024 Author(s). Published by BRIN Publishing.
This is an open access article under the CC BY-SA license (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0)

bahwa perlakuan perendaman vinir dalam impregnan meningkatkan kerapatan (70%), kekakuan (2 kali) dan kekuatan (2 kali), dengan pengembangan tebal kurang dari 25%. Berdasarkan hubungan persamaan garis regresi kuadratik pengembangan tebal dan lama perendaman, maka kondisi impregnasi yang optimum diperoleh pada saat vinir sawit direndam dalam bahan impregnan selama 28 menit.

Kata kunci: Impregnan, kulit batang sawit, perendaman, tanin, vinir sawit

I. PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang telah berumur di atas 25 tahun dianggap sudah tidak produktif lagi secara ekonomis, sehingga dilakukan kegiatan peremajaan kebun sawit. Kegiatan peremajaan di perkebunan sawit Indonesia menghasilkan 220 m^3/ha batang kelapa sawit yang tidak produktif (Prabuningrum *et al.* 2020) dan setiap tahun menghasilkan banyak residu yang kurang dimanfaatkan dalam bentuk batang dan pelepah (Mangurai *et al.* 2022). Pemanfaatan limbah ini sebagai salah satu bahan baku alternatif produk komposit pada industri pengolahan kayu dapat memberikan nilai ekonomi tambahan dari produk sampingan yang kurang dimanfaatkan (Mangurai *et al.* 2018; Sulastiningsih *et al.* 2020). Konsep *the whole tree utilization* dapat diterapkan dalam pemanfaatan limbah kelapa sawit tersebut seperti memanfaatkan semua bagian batang dan juga bisa memanfaatkan semua komponen kimia seperti ekstraktif yang terdapat dalam kulit batang untuk memenuhi kebutuhan industri komposit (Syafii *et al.* 2022).

Vinir berupa lembaran hasil pengupasan dari batang bulat sawit berupa lembaran tipis dan lunak dengan ketebalan sampai 3 - 5 mm merupakan salah satu limbah yang dapat dijadikan produk komposit dan memiliki nilai tambah. Modifikasi vinir dari batang sawit menjadi penting di mana saat ini banyak digunakan sebagai finishing pada industri perkayuan (Ramle *et al.* 2022) seperti pada industri komposit untuk aplikasi furnitur (Suhaily *et al.* 2019). Pemanfaatan vinir sawit dapat dijadikan *veneer panel* (Saari *et al.* 2020), *laminated veneer lumber* (Sulastiningsih *et al.* 2020) atau *ply veneer* (Balfas 2009; Ismail *et al.* 2022).

Peningkatkan performa dari vinir sawit melalui modifikasi dilakukan dengan perlakuan impregnasi. Perlakuan modifikasi impregnasi merupakan salah satu metode yang paling efektif untuk memperbaiki sifatnya (Mangurai *et al.* 2022). Bahan impregnan alami berbasis tanin telah dikaji di mana ekstraktif dari limbah kehutanan dan perkebunan dapat dijadikan bahan pengganti fenol karena banyak mengandung tanin yang terdiri atas senyawa fenolik (Santoso dan Abdurachman 2016). Pemanfaatan limbah berupa kulit batang sawit terus dikembangkan sebagai perekat organik (Yuniarti *et al.* 2020) dan impregnan organik (Malik *et al.* 2022; Santoso *et al.* 2023).

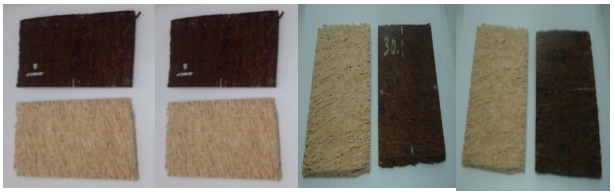
Tanin yang diekstrak dari kulit batang sawit menunjukkan kandungan komponen polifenol yang mempunyai afinitas kuat sehingga dapat membentuk kopolimer yang dapat digunakan sebagai impregnan (Malik *et al.* 2022). Pada penelitian ini penggunaan tanin resorsinol formaldehida (TRF) dari kulit batang kelapa sawit diaplikasikan sebagai bahan impegnan untuk modifikasi vinir batang sawit. Tujuan dari penelitian adalah untuk memperoleh data kualitas vinir batang sawit yang termodifikasi impregnan TRF dari ekstrak kulit batang kelapa sawit.

II. BAHAN DAN METODE

Kulit batang sawit yang akan diekstrak diperoleh dari batang sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) berusia sekitar 25 tahun yang dikupas kulit batangnya (*debarking*), berasal dari daerah Jawa Barat. Proses pembuatan ekstraks tanin dari kulit batang sawit mengacu kepada Yuniarti *et al.* (2020) dan Malik *et al.* (2022). Vinir batang sawit diperoleh dari log batang sawit yang

dikupas dengan alat mesin pembuat vinir sistem putar (*rotary veneer machine*) dengan ketebalan vinir 5 mm. Vinir yang diperoleh masing-masing dipotong menjadi 400 mm (panjang) × 75 mm (lebar) × 5 mm (tebal). Pembuatan vinir pada batang sawit dilakukan menggunakan mesin *spindle-less rotary* 5 *feet* sebagaimana dilakukan oleh Balfas dan Malik (2020)dan Santoso *et al.* (2023).

Kulit batang sawit dari hasil proses *debarking* diekstraksi dengan proses perendaman menggunakan air (1:4 b/b) dengan suhu perebusan 80 °C selama tiga jam. Ekstrak yang diperoleh dipisahkan dari serbuknya melalui penyaringan. Selanjutnya larutan impregnasi (tanin resorsinol formaldehida, TRF) dibuat dengan cara mencampurkan ekstrak tanin kelapa sawit, resorsinol, dan bagian formaldehida (37%) dengan perbandingan 100 : 2,5 : 10 (Malik *et al.* 2022; Santoso *et al.* 2023). Proses impregnasi dilakukan dengan perlakuan lama perendaman masing-masing selama (0, 15, 30, 60) menit (Gambar 1) yang mengacu pada modifikasi vinir sawit yang dilakukan oleh Santoso *et al.* (2023) dengan perlakuan impregnasi menggunakan vakum tekan selama 15 menit. Vinir sawit hasil modifikasi ditiriskan dan dikondisikan dalam suhu ruang selama tiga minggu untuk memperoleh kadar air 14% sebelum pengujian.



0 menit (*minutes*) 15 menit (*minutes*) 30 menit (*minutes*) 30 menit (*minutes*)

Gambar 1. Vinir sawit dimodifikasi dengan impregnasi tanin resorsinol formaldehida (TRF)
Figure 1. *Modified oil palm veneer impregnated with tannin resorcinol formaldehyde (TRF)*

A. Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia

Karakterisasi dari larutan impregnan tanin resorsinol formaldehida (TRF), vinir tanpa perlakuan dan vinir dengan perlakuan lama perendaman meliputi sifat fisika-kimia. Sifat larutan impregnan TRF dan serbuk vinir berukuran 100 mesh dianalisis menggunakan beberapa instrumen antara lain kandungan senyawa kimia dianalisis menggunakan kromatografi gas pirolisis spektrometer massa (PyGCMS-QP2020 NX, Shimadzu, Jepang), gugus fungsi dianalisis menggunakan spektroskopi inframerah (Spectrum Two, PerkinElmer, USA), suhu dekomposisi dianalisis menggunakan analisis termal diferensial (DSC4000, PerkinElmer, USA), dan kristalinitas dianalisis menggunakan difraksi sinar-X (D/Max-2500, Rigaku Miniflex, Jepang).

B. Karakterisasi Sifat Fisis-Mekanis

Pengamatan sifat fisis dan sifat mekanis vinir termodifikasi berdasarkan JAS 233 (JAS 2003). Sifat fisis yang diamati meliputi kadar air, kerapatan dan pengembangan tebal. Contoh uji berukuran 75 mm (panjang) × 75 mm (lebar) × 5 mm (tebal) ditimbang (W1) dan diukur dimensinya (V1), serta ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui kerapatannya. Selanjutnya contoh uji dikeringkan dalam oven pada suhu 103 ± 2 °C hingga beratnya konstan dan sampel uji ditimbang (W2) dalam keadaan kering oven untuk mengetahui nilai kadar air. Pengamatan contoh uji untuk pengembangan tebal dilakukan dengan rendam dingin (uji interior) selama 24 jam, dan rendam dalam air mendidih (uji eksterior) selama 3 jam sebagaimana dilakukan oleh Malik *et al.* (2022). Dimensi tebal diukur pada titik yang sudah ditentukan dan diukur kembali dimensi tebal setelah perendaman pada titik yang sama. Kadar air, kerapatan dan pengembangan tebal masing-masing dihitung berdasarkan Persamaan 1, Persamaan 2, dan Persamaan 3.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W1-W2}{W2} \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\text{Kerapatan (g/cm}^3) = \frac{W1}{V1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$\text{Pengembangan Tebal (\%)} = \frac{T2-T1}{T1} \times 100 \quad \ldots (3)$$

Keterangan (*Remarks*): W1= massa contoh uji sebelum dikeringkan (*mass of test specimen before drying*, g); W2 = massa contoh uji setelah dikeringkan (*oven-dried mass after drying*, g); V1 = volume contoh uji sebelum dikeringkan (*volume of test specimen before drying*, cm^3); T1 = tebal contoh uji sebelum direndam dalam air (*thickness of test specimen before soaked in water*, mm); T2 = tebal contoh uji setelah direndam dalam air (*thickness of test specimen after soaked in water*, mm)

Sifat mekanis vinir termodifikasi yang diamati melalui pengujian modulus patah dan modulus elastisitas. Contoh uji tanpa perlakuan berkadar air 3% dan contoh uji dengan perlakuan berkadar air 14% diuji dengan beban terpusat pada contoh uji berukuran 170 mm (panjang) × 50 mm (lebar) × 5 mm (tebal) menggunakan *universal testing machine* (*Alb. Von* Tarnogrocki Essen UPH 2, German). Modulus patah (MOR) dihitung berdasarkan Persamaan 4 dan modulus elastisitas (MOE) dihitung berdasarkan Persamaan 5.

$$MOR = \frac{3\,Pb\,L}{2\,b\,h^2} \quad \text{..... (4)}$$

$$MOE = \frac{\Delta P\,L^3}{4\,\Delta y\,b\,h^3} \quad \text{..... (5)}$$

Keterangan (*Remarks*): Pb = beban maksimum (*maximum load*, kg), b = lebar contoh uji (*width of test specimen*, cm), h = tebal contoh uji (*thickness of test specimen*, cm), L = jarak sangga (*length of span*, cm), ΔP = selisih tinggi dan rendah batas beban dalam jarak yang sebanding (*difference between upper limit and lower limit of load within the proportional range*, kg), Δy = defleksi pada tengah *span* berhubungan dengan ΔP (*deflection in the center of test span corresponding to ΔP*, cm)

C. Analisis data

Data yang diperoleh ditabulasi dan dianalisis secara statistik dengan 4 kali pengulangan dimana 4 buah sampel dalam 1 kali perendaman untuk kondisi perlakuan yang sama. Penentuan perlakuan lama perendaman yang optimum diperoleh dengan pendekatan hubungan persamaan garis regresi kuadratik pengembangan tebal terhadap lama perendaman. Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan SPSS *Statistical Software* versi 25. Analisis keragaman (*analysis of variance*, ANOVA) digunakan untuk menganalisis pengaruh lama perendaman terhadap sifat fisik dan mekanik vinir sawit termodifikasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisitik Sifat Fisika-Kimia

Karakterisasi sifat dari larutan impregnan tanin resorsinol formaldehida (TRF) dan vinir batang sawit terkait sifat fisika-kimianya. Vinir yang dinalisis adalah vinir tanpa perlakuan dan vinir dengan perlakuan lama perendaman 15, 30 dan 60 menit. Karakteristik sifat fisika-kimia yang diperoleh tersebut tersaji pada Tabel 1.

Bahan impregnan tanin resorsinol formaldehida (TRF) yang diperoleh umumnya menunjukkan peningkatan kecuali pada derajat kristalinitas. Kenaikan nilai sifat kima pada distribusi dan total bobot molekul, jumlah komponen/senyawa kimia, serta suhu dekomposisi dipengaruhi oleh kadar resorsinol dan formaldehida yang dicampurkan dengan ekstrak tanin sawit. Santoso *et al.* (2023) menyatakan bahan imregnan TRF didominasi oleh alkana (18,6%), fenol (18,07%), keton (12,6%), juga aldehida (1,8%) yang menunjukkan penambahan resorsinol dan formaldehida dalam proses kopolimerisasi sehingga terbentuknya ikatan baru dari gugus OH bebas ke jembatan eter dan jembatan metilen pada kopolimer yang terbentuk. Peningkatan sifat kimia tersebut diharapkan akan meningkatkan komponen molekul impregnan yang akan bereaksi dengan komponen kimia bahan seperti vinir pada proses impregnasi.

Hasil analisis difraksi sinar-X menunjukkan bahwa derajat kristalinitas menurun pada TRF dimana susunan rantai senyawa dari bahan impregnan yang terbentuk lebih amorf (tidak beraturan) setelah pencampuran formula ekstrak tanin sawit sehingga diharapkan dapat memudahkan pembentukan ikatan kimia saat perlakuan rendam pada proses impregnasi vinir sawit. Selain itu, hasil analisis termal diferensial menunjukkan perubahan pada puncak transisi suhu dekomposisi (fase pelelehan) yang mengindikasikan bahwa terjadi reaksi antar reaktan sehingga terbentuk senyawa baru. Proses reaksi tersebut di atas menghasilkan bahan impregnan berbasis tanin (Malik *et al.* 2022).

Tabel 1. Karakteristik impregnan tanin resorsinol formaldehida dan vinir sawit

Table 1. *Characteristics of tannin resorcinol formaldehyde impregnant and oil palm veneer*

Sifat (*Properties*)	Tanin sawit *)	Bioimpregnan TRF *)	Lama perendaman vinir sawit (*Soaking time of oil palm veneer*, minutes)			
			0	15	30	60
Distribusi bobot molekul (*Distribution of molecular weights*, g/mol)	28 - 440	44 - 380	32 - 358	32 - 288	32 - 440	32 - 315
Total bobot molekul (*Total molecular weights*, g/mol)	18.451	33.724	30.595	30.702	31.836	30.023
Jumlah komponen/senyawa kimia (*Number of chemical components/ compounds*)	35	50	50	50	50	50
Suhu dekomposisi (*Decomposition temperature*, °C)	188,40	204,60	204,40	205,20	205,00	204,90
Derajat kristalinitas (*Degree of crystallinity*, %)	85,95	13,57	24,09	24,18	27,76	24,07

Keterangan (Remarks): *) Santoso *et al.* (2023); TRF = Tannin Resorcinol Formaldehyde; 0 = tanpa perendaman (*without soaking*)

Hasil analisis pada vinir (Tabel 1) yang diberi perlakuan perendaman dalam TRF menunjukkan sifat fisika-kimia yang lebih besar dibandingkan vinir tanpa perlakuan. Vinir dengan perendaman selama 30 menit umumnya memiliki sifat fisika-kimia paling tinggi dibandingkan lama perendaman selama 15 menit dan 60 menit. Hal ini ditunjukkan pada kenaikan 23% pada distribusi bobot molekul (32 − 440), kenaikan 4% pada jumlah bobot molekul (31.836 g/mol) dan kenaikan 15% pada derajat kristalinitas (27,76%). Namun demikian, hasil analisis termal diferensial pada ketiga perlakuan perendaman vinir menunjukkan perubahan puncak transisi suhu dekomposisi (fase pelelehan) yang hampir sama sekitar 0,03 - 0,04%. Karakterisasi bahan impregnan TRF dan vinir hasil modifikasi perendaman dilakukan untuk memperkirakan sifat fisik dan mekanik vinir kelapa sawit hasil modifikasi.

B. Karakterisitk Sifat Fisis-Mekanis

Aplikasi impregnan terhadap vinir batang sawit menunjukkan peningkatan pada sifat fisis-mekanis vinir sawit termodifikasi. Hasil pengamatan meliputi kadar air, kerapatan dan pengembangan tebal untuk sifat fisis, serta modulus patah dan modulus elastisitas untuk sifat mekanis, sebagaimana disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Secara keseluruhan, vinir sawit hasil modifikasi memiliki nilai kadar air lebih tinggi (4x) dan memiliki performa yang berbeda nyata dibandingkan dengan vinir tanpa modifikasi, selain itu nilai kerapatan naik secara bertahap seiring bertambahnya durasi perendaman (Tabel 2). Kerapatan vinir sawit termodifikasi dalam penelitian ini lebih tinggi dari vinir sawit tanpa perlakuan dan lebih tinggi dari vinir sawit dengan perlakuan vakum tekan oleh Santoso *et al.* (2023) yaitu sebesar 0,60 g/cm^3. Sedangkan untuk stabilitas dimensi, semakin lama perendaman, pengembangan tebal pada vinir termodifikasi cenderung sama bahkan lebih besar dengan vinir tanpa modifikasi. Hal ini disebabkan pengembangan ikatan (Malik *et al.* 2022; Santoso *et al.* 2023) pada selulosa vinir maupun ikatan resin-selulosa vinir sehingga bahan impregnan berupa cairan masuk lebih banyak serta sebagai indikasi belum maksimalnya ikatan resin-selulosa vinir. Nilai pengembangan tebal pada vinir termodifikasi di atas umumnya lebih tinggi dari Santoso *et al.* (2023) yaitu 3,68% untuk uji rendam dalam air dingin dan 5,31% untuk uji rendam dalam air panas. Semua perlakuan terhadap vinir sawit masih memenuhi persyaratan SNI-06-4567-1998 (SNI 1998) karena pengembangan tebalnya kurang dari 25%.

Tabel 2. Nilai rata-rata sifat fisis vinir sawit

Table 2. *The average value of physical properties of oil palm veneer*

Lama waktu Rendam (*Soaking time, minute*)	Kadar air (*Moisture content*, %) $\overline{XX}$ ± Sd	Kerapatan (*Density*, g/cm³) $\overline{XX}$ ± Sd	Pengembangan tebal (*Thickness swelling*, %) $\overline{XX}$ ± Sd	
			Rendam dingin (*in normal water*)	Rendam Panas (*boiled water*)
0	3,36 ± 0,21 a	0,50 ± 0,02 a	8,18 ± 0,20 a	9,17 ± 0,25 a
15	14,03 ± 0,20 b	0,75 ± 0,04 b	3,93 ± 0,42 b	5,19 ± 0,25 b
30	14,29 ± 0,35 b	0,80 ± 0,07 bc	5,03 ± 0,29 c	6,08 ± 0,40 c

Keterangan (*Remarks*) : $\overline{X}$ = Nilai rerata (*Mean value*), Sd = Simpangan baku (*Standard deviation*), Nilai rata-rata diikuti huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata (*Mean value followed by the same letter means not significantly different at*) 95%

Tabel 3. Nilai rata-rata sifat mekanis vinir sawit

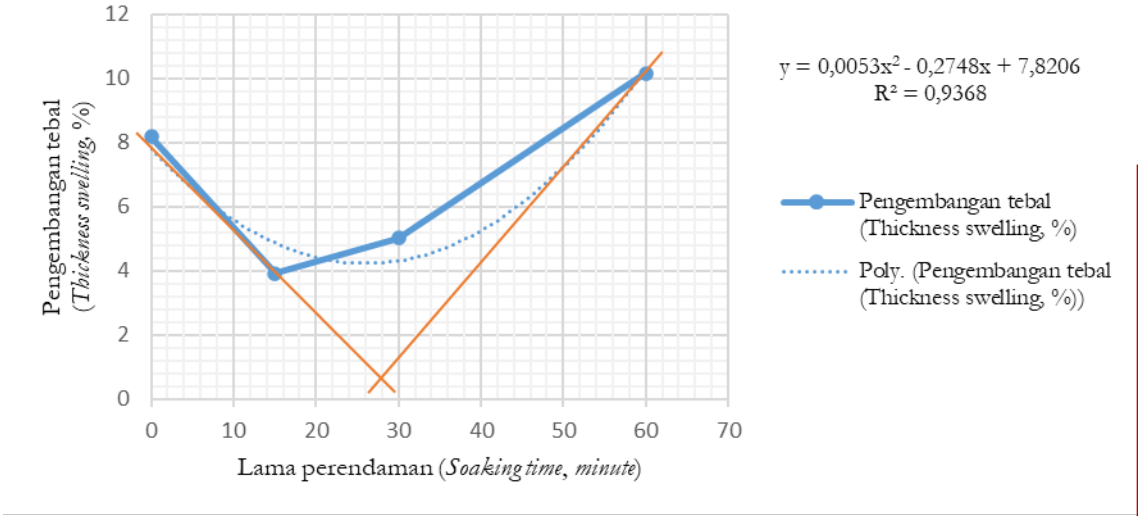
Table 3. *The average value of mechanical properties of oil palm veneer*

Lama waktu Rendam (*Soaking time, minute*)	Modulus patah (*Modulus of rupture*, kg/cm²)	Modulus elastisitas (Modulus of elasticity, kg/cm²)
0	3,36 ± 0,21 a	0,50 ± 0,02 a
15	14,03 ± 0,20 b	0,75 ± 0,04 b
30	14,29 ± 0,35 b	0,80 ± 0,07 bc
60		

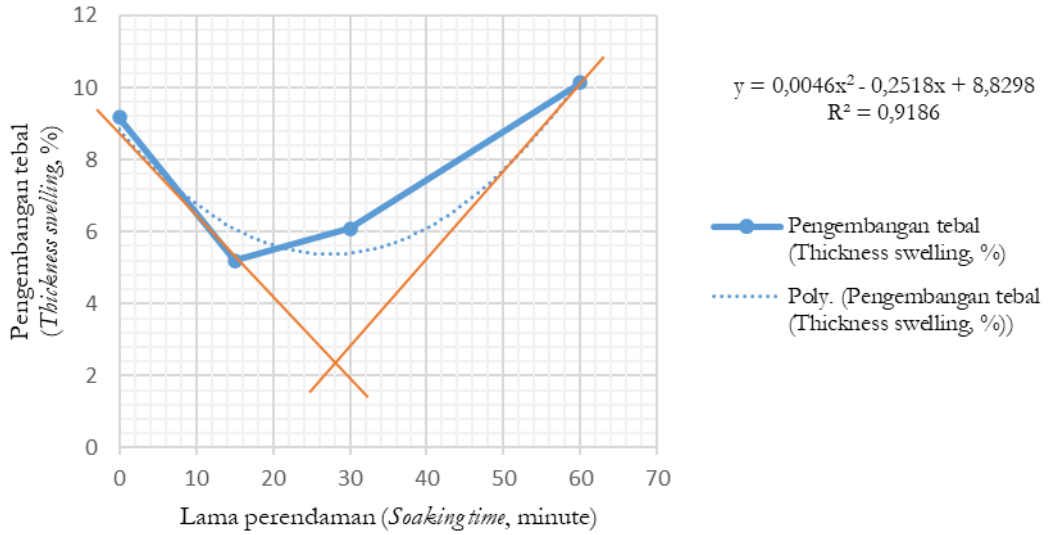
Keterangan (*Remarks*) : = Nilai rerata (*Mean value*), Sd = Simpangan baku (*Standard deviation*), Nilai rata-rata diikuti huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata (*Mean value followed by the same letter means not significantly different at*) 95%

Sifat mekanis pada kekuatan lentur vinir hasil modifikasi senada dengan nilai kerapatan yang naik secara bertahap seiring bertambahnya lama perendaman (Tabel 3) baik modulus patah maupun modulus elastisitas. Kekuatan lentur vinir sawit termodifikasi dalam penelitian ini umumnya lebih tinggi dari vinir sawit dengan perlakuan vakum tekan oleh Santoso *et al.* (2023) yaitu 208,40 kg/cm² untuk modulus patah dan 9732,80 kg/cm² untuk modulus elastisitas. Perlakuan impregnasi menyebabkan terjadinya ikatan silang antara komponen kimia vinir dan komponen kimia larutan impregnasi yang terkopolimerisasi dengan baik, sehingga meningkatkan sifat fisis dan mekanis (Mangurai *et al.* 2022).

Nilai pengembangan tebal ini menjadi perhatian karena berkaitan dengan stabilitas dimensi, terkait kemampuan vinir sawit terhadap perubahan dimensi baik saat proses pengolahan maupun pemakaian produk. Berdasarkan kecenderungan stabilitas dimensi di atas dengan nilai pengembangan tebal yang berbeda nyata antar perlakuan perendaman (Tabel 2) maka dilakukan penentuan lama waktu perendaman yang optimum untuk perlakuan impregnasi vinir sawit. Penetapan perlakuan lama perendaman yang optimum diperoleh dengan pendekatan hubungan persamaan garis regresi kuadratik di mana hubungan stabilitas dimensi terhadap perlakuan lama perendaman membentuk kurva kuadratik (Gambar 2). Koefisisen korelasi pada hubungan kuadratik tersebut yaitu 0,968 untuk uji rendam dalam air dingin selama 24 jam dan 0,958 untuk uji rendam dalam air panas selama 3 jam.



(a)



(b)

Gambar 2. Hubungan antara perlakuan perendaman terhadap stabilitas dimensi pada pengujian rendam dingin (a) dan rendam panas (b)

Figure 2. *Relationship between the soaking treatment and dimensional stability in normal water (a) and boiled water (b) tests*

Pendekatan dengan hubungan persamaan garis regresi kuadratik di atas dilakukan untuk menentukan perlakuan rendam optimum saat nilai pengembangan tebal terkecil. Perlakuan lama waktu rendam sampai batas tertentu akan menaikkan stabilitas dimensi, namun semakin lama perendaman justru akan menurunkan stabilitas dimensi dari vinir sawit termodifikasi. Berdasarkan pendekatan dari hasil pengujian rendam dingin dan rendam panas maka diperoleh perlakuan rendam yang optimum saat waktu rendam selama 28 menit dengan performa vinir sawit termodifikasi antara lain 0,79 g/cm³ untuk kerapatan, 24,96 kg/cm² untuk modulus patah, dan 10.718,85 kg/cm² untuk modulus elastisitas. Vinir sawit termodifikasi dalam studi ini berpotensi untuk produk komposit seperti penggunaan eksterior seperti atap sirap (penutup atap bagian atas pada bangunan konvesional/ pedesaan) menggantikan atap sirap dari kayu keras.

IV. KESIMPULAN

Pemanfaatan limbah menjadi produk yang memiliki nilai tambah dengan konsep *the whole tree utilization* dapat diaplikasikan pada batang sawit. Tanin yang diekstrak dari kulit batang sawit dapat direaksikan dengan resorsinol dan formaldehida menjadi impregnan pada vinir kupas dari batang kelapa sawit. Penggunaan impregnan berbasis tanin sawit dapat meningkatkan kualitas vinir sawit dengan peningkatan pada kerapatan sebesar 70% dan kekuatan lentur (2 kali) baik modulus elastisitas maupun modulus patah dengan pengembangan tebal kurang dari 25%. Vinir sawit termodifikasi yang dihasilkan berpotensi dapat digunakan untuk bahan baku alternatif produk komposit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada iLab (Pusat Penelitian Biomassa dan Bioproduk, Badan Riset dan Inovasi Nasional) dan Pusat Standardisasi Instrumen Pengelolaan Hutan Lestari (Badan Standardisasi Instrumen Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan) untuk menunjang fasilitas kegiatan penelitian.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain, dan rancangan percobaan dilakukan oleh DH dan AS; percobaan dan perlakuan pengujian dilakukan oleh DH, AS, dan RP; pengumpulan data dan analisis data dilakukan oleh DH, AS, dan RP; penulisan manuskrip oleh DH, AS, dan RP; perbaikan dan finalisasi mansukrip dilakukan oleh DH, AS, dan RP.

DAFTAR PUSTAKA

Khalil, H. P. S. A., Fazita, M. R. N., Bhat, A. H., Jawaid, M., & Fuad N. A. N. (2010). Development and material properties of new hybrid plywood from oil palm biomass. *Materials and Design*. 31(1). doi:10.1016/j.matdes.2009.05.040.

Balfas, J. (2009). Karakteristik kayu lapis sawit. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 27(3):245–255. doi:10.20886/JPHH.2009.27.3.245-255.

Balfas, J., & Malik, J. (2020). Pengaruh umur pohon, posisi batang, tebal venir dan komposisi panel inti sawit terhadap produksi kayu lapis mindi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 38(3):189–198. doi:10.20886/jphh.2020.38.3.189-198.

Ismail, A. C., Salim, S., Tahir, P. M., Lee, S. H., Ghani, M. A. A., Edrus, S. S. A., & Faisal, F. Q. A. (2022). Properties enhancement of oil palm trunk plywood against decay and termite for marine applications. *Polymers (Basel)*. 14(13). doi:10.3390/polym14132680.

Japanese Agricultural Standar [JAS]. (2003). *Japanese Agricultural Standard for Plywood. JAS No. 233*. Tokyo: Japanese Agricultural Standar Association.

Malik, J., Santoso, A., & Balfas, J. (2022). Sintesis, karakterisasi dan aplikasi bio-impregnan dari kulit batang sawit. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 40(2):81–92. doi:10.20886/jphh.2022.40.2.81-92.

Mangurai, S. U. N. M., Massijaya, M. Y., Hadi, Y. S., & Hermawan, D. (2018). The physical characteristics of oil palm trunk and fast growing species veneer for composite-plywood. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 196(1):012025. doi:10.1088/1755-1315/196/1/012025.

Prabuningrum, D. S., Massijaya, M. Y., Hadi, Y. S., & Abdillah, I. B. (2020). Physical-Mechanical Properties of Laminated Board Made from Oil Palm Trunk (Elaeis guineensis Jacq.) Waste with Various Lamina Compositions and Densifications. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 48(2):196–205. doi:10.5658/WOOD.2020.48.2.196.

Rachmawati, O., Sugita, P., & Santoso, A. (2018). Sintesis perekat tanin resorsinol formaldehida dari ekstrak kulit pohon mangium untuk peningkatan kualitas batang sawit. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 36(1):33–46. doi:10.20886/jphh.2018.36.1.33-46.

Ramle, S. F. M., Omar, S., Hamid, Z. A. A., Zaudin, N. A. C., Rawi, N. F. M., & Ibrahim, N. I. (2022). Effect of heated and non-heated treatment of cinnamomum porrectum extract on rubberwood and oil- palm trunk veneer against fungi. Di dalam: *AIP Conference Proceedings*. Volume ke-2454.

Mangurai, S. U. N., Hermawan, D., Hadi, Y.S., Sulastiningsih, I. M., Arsyad, W. O., Abdillah, I. B., Purusatama, B. D., Kim, J. H., Maulana, I. M., Febrianto, F., Park, S. Y., & Kim, N. H. (2022). Resistance of the inner part of oil palm trunk impregnated with aqueous polymer-isocyanate to subterranean termite attack. *BioResources*. *17*(3): 5285-5299. https://doi.org/10.15376/biores.17.3.5285-5299.

Saari, N., Lamaming, J., Hashim, R., Sulaiman, O., Sato, M., Arai, T., Kosugi, A., & Wan Nadhari,

W. N. A. (2020). Optimization of binderless compressed veneer panel manufacturing process from oil palm trunk using response surface methodology. *Journal of Cleaner Production*. 265. doi:10.1016/j.jclepro.2020.121757.

Santoso, A., & Abdurachman. (2016). Karakteristik ekstrak kulit kayu mahoni sebagai bahan perekat kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 34(4):269–284. doi:10.20886/jphh.2016.34.4.269-284.

Santoso, A., Malik, J., Balfas, J., Rahandi Lubis MA, Trisatya, D. R., Aini, E. N., Supriadi, A., Pari, R., Mubarok, M., Sedliačik, J., *et al.* (2023). Enhancing the quality of palm veneer with oil palm bark extract-resorcinol-formaldehyde resin impregnation. *Acta Fac Xylologiae Zvolen*. 65(2):45–62. doi:10.17423/afx.2023.65.2.05.

Suhaily, S. S., Gopakumar, D. A., Aprilia N. A. S., Rizal, S., Paridah, M. T., & Khalil, H. P. S. A. (2019). Evaluation of screw pulling and flexural strength of bamboo-based oil palm trunk veneer hybrid biocomposites intended for furniture applications. *BioResources*. 14(4). doi:10.15376/biores.14.4.8376-8390.

Standar Nasional Indonesia [SNI]. (1998). *Kumpulan SNI Perekat*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Sulastiningsih, I. M., Trisatya, D. R., & Balfas, J. (2020). Some properties of laminated veneer lumber manufactured from oil palm trunk. Di dalam: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Volume ke-935.

Syafii, W., Sari, R. K., Carolina, A., & Prayogo, Y. H. (2022). *Bioaktivitas zat ekstraktif kayu tropis*. Bogor: IPB Press. Diakses dari https://edeposit.perpusnas.go.id/collection/bioaktivitas-zat-ekstraktif-kayu-tropis-sumber-elekronis/127218 pada tanggal 28 Oktober 2023.

Yuniarti, K., Santoso, A., & Pari, R. (2020). The effect of drying temperatures and tannin-adhesive types on bending properties and shear strength of glued Eucalyptus pellita board. Di dalam: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Volume ke-460.