

Variasi Pelapis Luar dan Berat Labur Perekat Phenol Formaldehida terhadap Kualitas Papan Lamina dengan Inti dari Batang Kelapa Sawit

(Variation of Outer Layer and Phenol Formaldehyde Adhesive Glue Spread on Laminated Board Quality with Core made from Oil Palm Trunk)

Rasi Odesto Tarigan¹, Tito Sucipto², Rudi Hartono²

¹Mahasiswa Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Jl. Tri Dharma Ujung No. 1
Kampus USU Medan 20155 (Penulis Korespondensi: E-mail: rodesto@gmail.com)

²Staff Pengajar Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara

Abstract

Laminated board of oil palm trunk made with variations outer layer plywood 3 mm (P1), plywood 6 mm (P2), and high density of oil palm trunk (BT) with the configuration which is P1-BT, P1-P1, P1-P2, P2-BT, and P2-P2. In addition, by using a variation of phenol formaldehyde adhesive glue spread between 240g/m² and 260g/m². The maturation of the adhesive is done using a hot press with a temperature of 150 °C for 15 minutes. This study used a completely random experimental factorial design with 2 factors and the results were compared with the JAS 243:2003 standard. The results of this study among others density, water content, water absorption in immersion for 2 hours and 24 hours, thickness swelling on immersion for 2 hours and 24 hours, delamination ratio, MOE and MOR were 0,48-0,62 g/cm³, 9,73-11,36%, 23,55-33,57% and 72,62-85,27%, 3,64-8,64% and 8,32-15,04%, 0%, 31,402-47,533 kg/cm² and 254,17-374,25 kg/cm². Water content, the ratio of delamination and largely MOR value fulfilled JAS 243:2003 standard. The best of outer layer and phenol formaldehyde adhesive glue spread by JAS 243:2003 standard and results of the analysis range for the laminated board with oil palm trunk as a raw materials in general was P2-BT (plywood 6 mm and high density of oil palm trunk) and glue spread was 260 g/m².

Keywords: laminated board, oil palm trunk, outer layer, glue spread, phenol formaldehyde.

PENDAHULUAN

Perkembangan kelapa sawit di Indonesia saat ini sangatlah pesat. Hal ini dibuktikan dengan semakin banyak dibukanya perkebunan kelapa sawit di beberapa daerah di Indonesia, seperti di Sumatera dan Kalimantan. Sebaliknya, luas hutan di Indonesia yang mampu mensuplai kayu semakin menurun. Pada saat proses replanting (peremajaan) terhadap perkebunan kelapa sawit, dihasilkan limbah batang kelapa sawit (BKS) yang tidakermanfaatkan dan cenderung menjadi limbah. Limbah BKS ini dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif bahan pengganti kayu untuk industri perkayuan.

Pemanfaatan BKS sebagai bahan alternatif pengganti kayu memiliki banyak kelemahan, terutama penggunaannya secara utuh. Batang kelapa sawit memiliki kelas awet dan kelas kuat yang rendah yaitu V. Salah satu upaya untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut antara lain dengan membuat satu produk seperti papan atau balok lamina. Papan atau balok laminasi merupakan salah satu produk alternatif terbaik dalam pemanfaatan batang kelapa sawit. Glulam adalah suatu teknik menggabungkan dua atau lebih kayu gergajian yang direkat dengan arah sejajar serat satu sama lain.

Jenis pelapis luar yang digunakan dapat menentukan kualitas papan lamina yang dihasilkan. Kerapatan pelapis luar yang digunakan harus lebih tinggi dari kerapatan bagian inti papan lamina. Selain menggunakan batang kelapa sawit dengan kerapatan yang lebih tinggi, variasi pelapis luar yang digunakan adalah pelapis plywood (kayu lapis) dengan ukuran 3 mm (3 lapisan vinir) dan ukuran 6 mm (5 lapisan vinir)

yang diharapkan juga dapat meningkatkan kualitas papan lamina.

Salah satu faktor yang juga mempengaruhi kualitas perekatan PF untuk papan lamina adalah berat labur. Berat labur merupakan banyaknya perekat yang dilaburkan pada permukaan kayu per satuan luas bidang rekat. Berat labur yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan menyebabkan tidak tercapainya garis perekat yang kuat.

Berdasarkan hal itu maka dilakukan penelitian dengan judul "Variasi Pelapis Luar dan Berat Labur Perekat Phenol Formaldehida terhadap Kualitas Papan Lamina dengan Inti dari Batang Kelapa Sawit". Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh pelapis luar dan berat labur perekat PF terhadap kualitas papan lamina dengan bagian inti dari batang kelapa sawit serta menentukan pelapis luar dan berat labur perekat PF yang paling baik. Diharapkan kualitas papan lamina yang dihasilkan dapat lebih baik dan memenuhi standar JAS 234:2003.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Mei sampai dengan September 2014. Pembuatan papan laminasi dan pengujian sifat fisis mekanis papan laminasi dilaksanakan di Workshop dan Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang kelapa sawit sebagai bagian inti (core) dan pelapis luar bagian belakang (back), dan kayu lapis (plywood) sebagai pelapis luar (face dan back), perekat yang digunakan adalah phenol formaldehida (PF). Alat

yang digunakan dalam penelitian ini adalah *chainsaw*, *circular saw*, caliper, meteran, timbangan, mesin kempa panas, mesin atau kertas amplas, mesin *Universal Testing Machine* merk Tensilon, alat tulis, kalkulator, dan kamera digital.

Prosedur Penelitian

1. Persiapan Bahan Baku

a. Batang kelapa sawit

Komponen utama papan lamina diperoleh dari log batang kelapa sawit yang sudah tidak produktif lagi. Papan kemudian dikeringkan dengan metode alami, yaitu penjemuran selama satu bulan untuk mendapatkan kadar air kering udara papan sebelum dilakukan pengrajin. Papan tersebut kemudian dipotong dengan ukuran $45 \text{ cm} \times 7 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ dengan menggunakan *circular saw*. Kemudian papan BKS ditimbang dan diukur panjang, lebar dan tebalnya untuk mendapatkan kerapatan. Papan BKS berkerapatan rendah yang berkisar antara $0,25\text{--}0,36 \text{ g/cm}^3$ sebanyak 30 papan digunakan sebagai core dan papan BKS berkerapatan lebih tinggi yang berkisar antara $0,45\text{--}0,5 \text{ g/cm}^3$ sebanyak 12 papan digunakan sebagai back.

b. Kayu lapis (*plywood*)

Plywood diperoleh dari toko penjualan bahan dan alat bangunan. *Plywood* yang dibutuhkan sebanyak 2 lembar besar ($244 \times 122 \text{ cm}$), yaitu 1 buah dengan tebal 3 mm (3 lapisan vinir) dan 1 buah dengan tebal 6 mm (5 lapisan vinir). Kemudian *plywood* dipotong dengan ukuran $45 \text{ cm} \times 7 \text{ cm}$ sebanyak 24 buah untuk masing-masing *plywood* dengan kerapatan berkisar antara $0,56\text{--}0,6 \text{ g/m}^3$.

2. Proses Penyusunan Papan Lamina

Pola penyusunan papan lamina terdiri dari 3 lapis yang disusun secara bervariasi, yaitu:

- Pola penyusunan P1–BR–BT.
- Pola penyusunan P2–BR–BT.
- Pola penyusunan P1–BR–P1.
- Pola penyusunan P2–BR–P2.
- Pola penyusunan P1–BR–P2.

Keterangan:

P1 = *plywood* 3 mm

P2 = *plywood* 6 mm

BR = batang kelapa sawit kerapatan rendah

BT = batang kelapa sawit kerapatan tinggi

3. Proses Perekatan dan Pengempaan

Perekat yang digunakan yaitu phenol formaldehida (PF). Jumlah perekat yang digunakan dihitung berdasarkan berat labur yaitu 240 gr/m^2 dan 260 gr/m^2 merujuk pada penelitian Perangin-angin (2014). Jumlah perekat yang digunakan untuk setiap berat labur dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Jlh Perekat} = \frac{\text{Luas Prmkaan} \times \text{Brt Labur (g/m}^2)}{10.000}$$

Luas permukaan (cm^2) diperoleh dari perkalian antara panjang (cm) dan lebar (cm) dari papan contoh uji, yaitu $45 \text{ cm} \times 7 \text{ cm} = 315 \text{ cm}^2$. Kebutuhan perekat untuk masing-masing berat labur per papan laminasi adalah:

Perekat dengan berat labur 240 g/m^2 sebanyak 7,56 g. Perekat dengan berat labur 260 g/m^2 sebanyak 8,19 g.

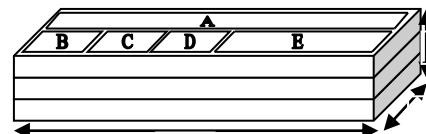
Seluruh sistem pelaburan perekat dilakukan dengan menggunakan *scrap* dan dilaburkan pada kedua permukaan (*double spread*). Kemudian papan yang telah dilaburi perekat phenol formaldehida (PF) dikempa panas dengan suhu 150°C selama 15 menit merujuk pada penelitian Perangin-angin (2014).

4. Pengkondisian

Sisa-sisa perekat pada papan laminasi yang sudah dikempa dibersihkan dari setiap sisi papan laminasi kemudian dikondisikan (*conditioning*) selama 1 minggu pada suhu kamar agar papan laminasi yang dihasilkan dapat mencapai kadar air kesetimbangan.

5. Pemotongan Contoh Uji

Papan lamina yang telah mengalami *conditioning* kemudian dipotong sesuai dengan tujuan pengujian yang dilakukan. Ukuran contoh uji disesuaikan dengan standar ASTM D143-94 yang dimodifikasi tentang papan lamina. Pola pemotongan untuk pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola pemotongan contoh uji untuk pengujian

Keterangan:

A. Contoh uji MOE dan MOR ($45 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$)

B. Contoh uji kerapatan ($3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$)

C. Contoh uji kadar air ($3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$)

D. Contoh uji daya serap air dan pengembangan tebal ($3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$)

E. Contoh uji delaminasi ($10 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$)

Pengujian Papan Lamina

1. Pengujian Sifat Fisis

a. Kerapatan

Nilai kerapatan dapat dihitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{B}{V}$$

Keterangan:

ρ = kerapatan (g/cm^3)

B = berat (g)

V = volume (cm^3)

b. Kadar air

Nilai kadar air dihitung berdasarkan rumus:

$$KA (\%) = \frac{BA - BKO}{BKO} \times 100 \%$$

Keterangan:

KA = kadar air (%)

BA = berat awal contoh uji (g)

BKO = berat kering oven contoh uji (g)

c. Daya Serap Air

Nilai daya serap air dihitung dengan rumus :

$$DSA (\%) = \frac{B2 - B1}{B1} \times 100 \%$$

Keterangan:

DSA = daya serap air (%)

B1 = berat awal contoh uji (g)

B2 = berat setelah direndam air (g)

d. Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal dihitung dengan rumus :

$$PT (\%) = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \%$$

Keterangan:

- PT = pengembangan tebal (%)
- T₁ = tebal awal contoh uji (cm)
- T₂ = tebal setelah direndam air (cm)

e. Uji Delaminasi

Rasio deliminasi dihitung dengan rumus:

$$DR = \frac{\text{Jlh panjang deliminasi pd kedua ujung}}{\text{Pjg total garis perekat pd kedua ujung}} \times 100\%$$

2. Pengujian Sifat Mekanis

a. MOE (Modulus of Elasticity)

Ukuran contoh uji 45 cm × 4 cm dengan jarak sangga 40cm.

Nilai MOE dihitung dengan rumus :

$$MOE = \frac{\Delta P \cdot L^3}{4 \cdot \Delta Y \cdot b \cdot d^3}$$

Keterangan :

- MOE = Modulus lentur (kg/cm²)
- ΔP = Beban sebelum batas proporsi (kg)
- L = Jarak Sangga (cm)
- ΔY = Lenturan pada beban (cm)
- b = Lebar contoh uji (cm)
- d = Tebal contoh uji (cm)

b. MOR (Modulus of Rupture)

Nilai MOR dihitung dengan rumus:

$$MOR = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

Keterangan :

- MOR = Modulus patah (kg/cm²)
- P = Beban maksimum (kg)
- L = Jarak Sangga (cm)
- b = Lebar contoh uji (cm)
- d = Tebal contoh uji (cm)

Tabel 1. Sifat fisis dan mekanis papan lamina berdasarkan JAS 243 : 2003

No.	Sifat fisis dan mekanis	JAS 243 : 2003
1	Kerapatan (g/cm ³)	-
2	Kadar air (%)	≤ 15
3	Daya serap air (%)	-
4	Pengembangan tebal (%)	-
5	Delaminasi (%)	< 10
5	MOR (kg/cm ²)	> 300
6	MOE (kg/cm ²)	> 75.000

Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor perlakuan yaitu berat labur perekat PF (240 gr/m² dan 260 gr/m²) dan pelapis luar (plywood 3 mm – BKS, plywood 3 mm – plywood 3 mm, plywood 3 mm – plywood 6 mm, plywood 6 mm – BKS dan plywood 6 mm – plywood 6 mm). Ulangan yang digunakan yaitu sebanyak 3 kali ulangan, sehingga jumlah contoh uji adalah 30 papan.

Model linier rancangan tersebut adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan :

- Y_{ijk} : pengamatan pelapis luar ke-i, pada berat labur perekat PF ke-j, dan ulangan ke-k.
- μ : rataan umum-nilai tengah.
- α_i : pengaruh variasi pelapis luar ke-i.
- β_j : pengaruh variasi berat labur perekat PF ke-j.
- (αβ)_{ij} : pengaruh interaksi antara pelapis luar ke-i dengan berat labur perekat PF ke-j
- ε_{ijk} : pengaruh acak (galat) percobaan pelapis luar ke-i, pada berat labur perekat PF ke-j dan ulangan ke-k

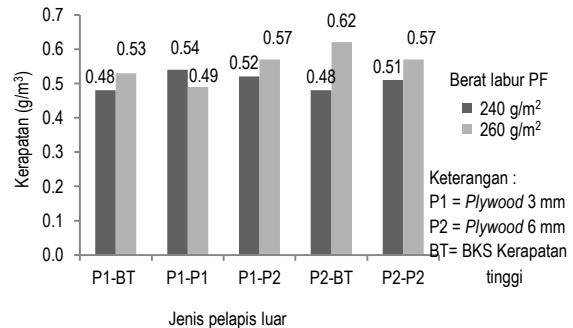
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat papan laminasi yang diukur adalah sifat fisis dan sifat mekanis. Sifat fisis meliputi kerapatan, kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, dan uji delaminasi. Sifat mekanis meliputi *modulus of elasticity* (MOE), *modulus of rupture* (MOR).

Sifat Fisis Papan Lamina

Kerapatan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai rata-rata dari kerapatan papan lamina berbahan baku BKS dengan variasi pelapis luar dan berat labur perekat PF berkisar antara 0,48-0,62 g/cm³. Rekapitulasi rata-rata nilai kerapatan papan lamina dari BKS tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai kerapatan papan lamina

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai kerapatan terendah yang dihasilkan terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P1-BT dan P2-BT dengan berat labur 240 g/m² yaitu sebesar 0,48 g/cm³ sedangkan nilai kerapatan tertinggi terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P2-BT dan berat labur 260 g/m² yaitu sebesar 0,62 g/cm³. Menurut Oey Djoen Seng 1964 dalam PIKA (1979), kayu dengan nilai kerapatan atau berat jenis >0,4-0,62 adalah kelas kuat II-III atau sedang.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa variasi pelapis luar dan berat labur perekat PF, serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap nilai kerapatan papan lamina. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kerapatan papan lamina dengan pelapis luar P2-BT dan berat labur 260 g/m² berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini berarti bahwa perlakuan yang menghasilkan nilai kerapatan terbaik adalah yang tertinggi yaitu papan lamina dengan pelapis luar P2-BT dan berat labur 260 g/m².

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa papan lamina dengan berat labur 260 g/m³ cenderung

lebih meningkatkan nilai kerapatan papan lamina dibandingkan papan lamina dengan berat labur 240 g/m^2 . Hal ini diduga karena jumlah perekat dengan berat labur 260 g/m^2 lebih banyak masuk ke dalam rongga-rongga sel papan lamina sehingga meningkatkan kualitas rekanan dan menambah berat papan lamina yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Abdurachman dan Hadjib (2005) yang menyatakan bahwa penambahan perekat pada pembuatan papan lamina akan menambah nilai kerapatan karena banyaknya perekat yang digunakan akan menambah beratnya. Semakin berat papan lamina akan menghasilkan nilai kerapatan yang tinggi.

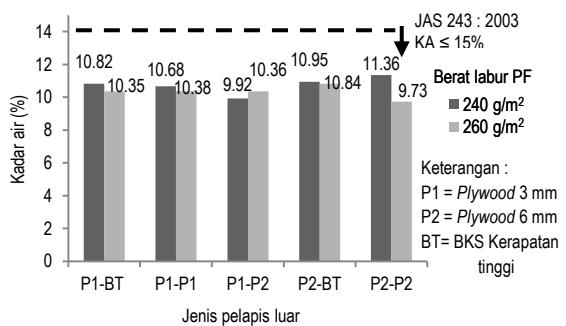
Nilai kerapatan yang dihasilkan papan lamina bervariasi, tergantung dari pelapis luar yang digunakan. Nilai kerapatan yang terbaik adalah menggunakan pelapis luar kombinasi dari *plywood* 6 mm dan BKS kerapatan tinggi dengan berat labur 260 g/m^2 . Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh variasi pelapis luar terhadap nilai kerapatan pada setiap papan lamina cenderung tidak berbeda. Hal ini disebabkan nilai kerapatan setiap pelapis luar yang digunakan tidak jauh berbeda. Nilai kerapatan BKS untuk bagian *back* yaitu $0,45\text{-}0,5 \text{ g/cm}^3$ sedangkan nilai kerapatan *plywood* 3 mm dan 6 mm, yaitu $0,56\text{-}0,6 \text{ g/cm}^3$.

Nilai kerapatan papan lamina batang kelapa sawit dengan variasi pelapis luar dan berat labur perekat PF yang dihasilkan termasuk rendah yaitu $0,48\text{-}0,62 \text{ g/cm}^3$ jika dibandingkan dengan nilai kerapatan balok laminasi dari batang kelapa dan kayu kemiri yaitu $0,62\text{-}0,65 \text{ g/cm}^3$ (Risnasari dkk, 2012). Hal ini dipengaruhi oleh bahan baku penyusun papan lamina yang digunakan. Pada penelitian ini, papan lamina terdiri dari 3 lapis dengan bagian inti (*core*) berasal dari BKS dengan kerapatan rendah yaitu $0,25\text{-}0,36 \text{ g/cm}^3$, dan bagian luar (*face* dan *back*) terdiri dari BKS yang keras dengan kerapatan $0,45\text{-}0,5 \text{ g/cm}^3$ dan *plywood* 3 dan 6 mm dengan kerapatan $0,56\text{-}0,6 \text{ g/cm}^3$. Sedangkan, balok laminasi dari batang kelapa dan kayu kemiri menggunakan batang kelapa dengan kerapatan $0,52 \text{ g/cm}^3$ dan kayu kemiri dengan kerapatan $0,39 \text{ g/cm}^3$. Semakin tinggi kerapatan komponen bahan yang digunakan (terutama bahan baku) maka semakin tinggi kerapatan papan lamina yang dihasilkan.

Kadar air

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai rata-rata dari kadar air papan lamina berbahan baku BKS berkisar antara $9,73\text{-}11,36\%$. Rekapitulasi rata-rata nilai kadar air papan lamina dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai kadar air terendah terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P2-P2 dan berat labur 260 g/m^2 yaitu $9,73\%$ sedangkan nilai kadar air tertinggi terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P2-P2 dan dengan berat labur 240 g/m^2 yaitu sebesar $11,36\%$. Nilai kadar air papan lamina seluruhnya memenuhi standar JAS 243 : 2003 yang mensyaratkan nilai kadar air papan lamina maksimum 15%.



Gambar 3. Nilai kadar air papan lamina

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa variasi pelapis luar dan berat labur perekat PF serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap nilai kadar air papan lamina. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kadar air papan lamina dengan pelapis luar P2-P2 dengan berat labur 240 g/m^2 berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini berarti bahwa perlakuan yang menghasilkan nilai kadar air terbaik adalah papan lamina dengan nilai kadar air terendah yaitu papan lamina dengan pelapis luar P2-P2 dan berat labur 260 g/m^2 .

Berdasarkan Gambar 3, nilai kadar air yang diperoleh menunjukkan kecenderungan bahwa papan lamina dengan berat labur 260 g/m^2 memiliki kadar air lebih rendah daripada papan lamina dengan berat labur 240 g/m^2 . Hal ini diduga disebabkan karena jumlah perekat dengan berat labur 260 g/m^2 lebih banyak masuk ke dalam rongga-rongga sel papan lamina, sehingga menyebabkan papan lamina lebih kedap air dan air lebih sedikit masuk ke dalam papan lamina. Hal ini sesuai dengan pernyataan Cahyadi dkk (2012) yang menjelaskan bahwa semakin banyak kadar perekat maka papan yang dihasilkan akan semakin kedap air, sehingga papan lamina yang dihasilkan tidak banyak menyerap uap air dari udara karena setelah proses pengempaan dan *conditioning* papan lamina mencapai kondisi kadar air kesetimbangan.

Gambar 3 menunjukkan bahwa faktor jenis pelapis luar cenderung tidak berpengaruh terhadap peningkatan nilai kadar air papan lamina karena nilai kadar air yang dihasilkan tidak jauh berbeda. Hal ini diduga disebabkan karena nilai kadar air pelapis luar yang digunakan dalam kondisi hampir sama, yaitu kering udara. Selain itu, dipengaruhi juga dengan nilai kerapatan pelapis luar yang tidak jauh berbeda, yaitu nilai kerapatan BKS untuk bagian *back* yaitu $0,45\text{-}0,5 \text{ g/cm}^3$ sedangkan nilai kerapatan *plywood* 3 mm dan 6 mm, yaitu $0,56\text{-}0,6 \text{ g/cm}^3$.

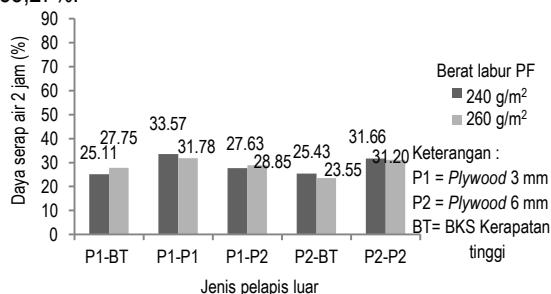
Nilai kadar air papan lamina dari BKS dengan variasi pelapis luar dan berat labur perekat PF yang dihasilkan termasuk rendah yaitu $9,73\text{-}11,36\%$, dibandingkan dengan nilai kadar air balok laminasi dari batang kelapa dan kayu kemiri yaitu $14,13\text{-}14,36\%$ (Risnasari, 2012) dan balok laminasi kombinasi BKS dan kayu mahoni yaitu $11,38\text{-}12,83\%$ (Ginting, 2012). Hal ini disebabkan karena pada penelitian ini pembuatan papan lamina digunakan suhu tinggi yaitu 150°C selama 15 menit untuk pemotongan perekat PF. Sedangkan, pada penelitian Risnasari (2012) dan Ginting (2012)

menggunakan kempa dingin sehingga papan lamina yang dihasilkan memiliki nilai kadar air yang lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian Ginting (2014) bahwa pemberian suhu yang tinggi akan menyebabkan air yang ada dalam papan lamina dan perekat ikut menguap.

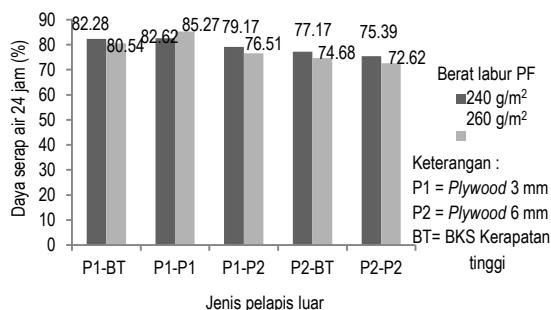
Daya Serap Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari daya serap air papan lamina berbahan baku BKS pada perendaman 2 jam dan 24 jam berkisar antara 23,55-33,57% dan 72,62-85,27%. Rekapitulasi rata-rata nilai daya serap air papan lamina pada perendaman 2 jam dan 24 jam dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai daya serap air selama 2 jam terendah terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P2-BT serta dengan berat labur 260 g/m² yaitu sebesar 23,55% sedangkan nilai daya serap air tertinggi terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P1-P1 dan berat labur 240 g/m² yaitu sebesar 33,57%. Pada Gambar 5 diperoleh hasil bahwa nilai daya serap air selama 24 jam terendah terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P2-P2 dan berat labur 260 g/m² yaitu sebesar 72,62% sedangkan nilai daya serap air tertinggi terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P1-P1 dan berat labur 260 g/m² yaitu sebesar 85,27%.



Gambar 4. Nilai daya serap air papan lamina 2 jam



Gambar 5. Nilai daya serap air papan lamina 24 jam

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa variasi pelapis luar dan berat labur serta interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap nilai daya serap air papan lamina pada perendaman selama 2 jam dan 24 jam. Hal ini berarti pelapis luar dan berat labur yang digunakan tidak berpengaruh terhadap nilai daya serap air papan lamina.

Nilai daya serap air papan lamina selama 2 jam dan 24 jam dengan berat labur 240 g/m² cenderung lebih tinggi dibandingkan papan lamina dengan berat labur 260 g/m². Hal ini disebabkan karena semakin tinggi berat

labur maka air akan semakin sulit masuk ke dalam papan lamina karena papan lamina tertutupi oleh perekat. Hal ini sesuai dengan penelitian Cahyadi dkk (2012) pada bambu laminasi dengan perekat isosianat yang menyatakan semakin banyak kadar perekat maka papan akan semakin kedap air.

Papan lamina dengan pelapis luar plywood 6 mm cenderung menghasilkan nilai daya serap air lebih rendah dibandingkan dengan pelapis luar plywood 3 mm. Hal ini diduga disebabkan karena plywood 6 mm memiliki lapisan lebih tebal sehingga pada proses pembuatannya plywood membutuhkan jumlah berat labur lebih banyak. Semakin tebal atau banyak jumlah lapisan plywood maka semakin besar jumlah berat labur yang digunakan sehingga air sulit masuk ke dalam plywood serta papan lamina yang dihasilkan. Arsal (2011) menyatakan bahwa semakin tinggi berat labur yang digunakan pada pembuatan kayu lapis maka kadar air kayu lapis cenderung lebih tinggi sehingga air sulit masuk ke dalam plywood.

Nilai daya serap air papan lamina selama 24 jam yaitu 72,62-85,27% termasuk rendah apabila dibandingkan dengan Perangin-angin (2014) pada papan lamina dari BKS dengan perekat PF yaitu 79,86-92,09%. Hal ini diduga karena kerapatan atau berat jenis komponen bahan penyusun papan lamina yang digunakan lebih tinggi. Semakin tinggi kerapatan bahan penyusun papan lamina maka rongga-rongga sel lebih kecil sehingga semakin sulit air masuk.

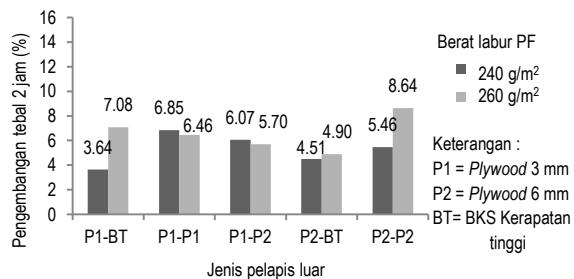
Pengembangan Tebal

Hasil penelitian diperoleh data bahwa nilai rata-rata dari pengembangan tebal papan lamina dari BKS pada perendaman 2 jam dan 24 jam berkisar antara 3,64-8,64% dan 8,32-15,04%. Rekapitulasi rata-rata nilai pengembangan tebal papan lamina pada perendaman 2 jam dan 24 jam dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

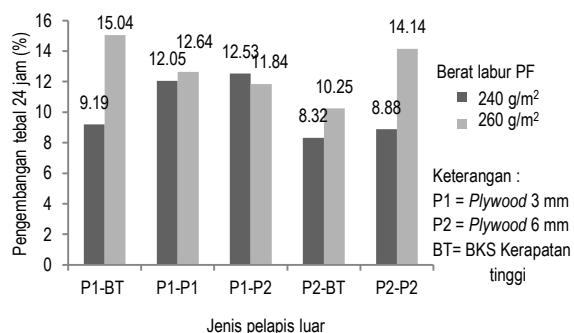
Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai pengembangan tebal selama 2 jam terendah terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P1-BT dan berat labur 240 g/m² yaitu sebesar 3,64% sedangkan nilai pengembangan tebal tertinggi terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P2-P2 dan berat labur 260 g/m² yaitu sebesar 8,64%. Sedangkan, Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai pengembangan tebal selama 24 jam terendah terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P2-BT dan berat labur 240 g/m² yaitu sebesar 8,32% sedangkan nilai pengembangan tebal tertinggi terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P1-BT dan berat labur 260 g/m² yaitu sebesar 15,04%.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa variasi pelapis luar dan berat labur serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap nilai pengembangan tebal papan lamina pada perendaman selama 24 jam, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai pengembangan tebal papan lamina pada perendaman selama 2 jam. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa pengembangan tebal papan lamina pada perendaman selama 24 jam dengan pelapis luar P2-BT dengan berat labur 240 g/m² berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini berarti perlakuan dengan nilai pengembangan tebal terbaik adalah papan lamina dengan nilai pengembangan

tebal terendah yaitu papan lamina dengan pelapis luar P2-BT dan berat labur 240 g/m².



Gambar 6. Nilai pengembangan tebal papan lamina selama 2 jam



Gambar 7. Nilai pengembangan tebal papan lamina selama 24 jam

Nilai pengembangan tebal selama 2 jam dan 24 jam papan lamina dengan berat labur 260 g/m² cenderung lebih tinggi dibandingkan papan lamina dengan berat labur 240 g/m². Hal ini tidak sesuai dengan penelitian Ginting (2014) pada papan lamina dari BKS dengan perekat UF yang menyatakan jika semakin tinggi berat labur maka nilai pengembangan tebal papan lamina akan semakin rendah. Hal ini diduga disebabkan karena pada proses perekatan dan pengempaan papan lamina dengan berat labur 260 g/m² tidak merekat secara optimal karena perekat yang dilaburkan keluar melalui sisi-sisi papan sehingga pada proses pengujian air dapat masuk ke bagian inti BKS dari papan lamina. Syamani, dkk (2008) dalam Putra (2009) menjelaskan bahwa perekat yang digunakan hanya menutupi bagian yang dilaburi perekat dan tidak menembus ke dalam serat. Oleh karena itu, pada saat direndam, air masih dapat masuk melalui ujung-ujung serat ke arah memanjang serat, sehingga menyebabkan pengembangan tebal yang cukup besar pada papan lamina.

Papan lamina dengan pelapis luar plywood 3 mm (P1) memiliki nilai pengembangan tebal yang tidak jauh berbeda dibandingkan dengan plywood 6 mm (P2) ataupun pelapis luar BKS (BT). Hal ini diduga disebabkan oleh kerapatan dan berat jenis pelapis luar yang digunakan relatif sama, yaitu nilai kerapatan BKS untuk bagian back yaitu 0,45-0,5 g/cm³ sedangkan nilai kerapatan plywood 3 mm dan 6 mm, yaitu 0,56-0,6 g/cm³. Haygreen dan Bowyer (1993) menjelaskan bahwa keunggulan dari kayu lapis dibandingkan dengan kayu solid adalah dimensinya lebih stabil sehingga tidak mudah untuk bertambah tebal ataupun lebar.

Nilai pengembangan tebal papan lamina selama 24 jam yaitu 8,32-15,04% termasuk rendah apabila dibandingkan dengan papan lamina dari BKS dengan perekat UF yaitu 19,51-20,6% (Ginting, 2014). Hal ini diduga disebabkan karena perekat PF yang digunakan lebih tahan air dan cuaca sehingga dapat lebih menghalangi air masuk ke dalam rongga sel dibandingkan perekat UF. Kliwon dan Iskandar (2008) menyatakan bahwa perekat PF merupakan salah satu jenis perekat untuk penggunaan eksterior yang memiliki sifat tahan cuaca dan tahan air.

Uji Delaminasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai uji delaminasi papan lamina berbahan baku BKS adalah 0%. Nilai uji delaminasi yang dihasilkan bernilai 0% telah memenuhi standar JAS 243 : 2003 yang mensyaratkan nilai uji delaminasi <10%. Hal ini disebabkan oleh jenis perekat, berat labur dan teknik perekatan yang digunakan pada penelitian ini cukup baik sehingga menghasilkan papan lamina yang nilai uji delaminasinya baik.

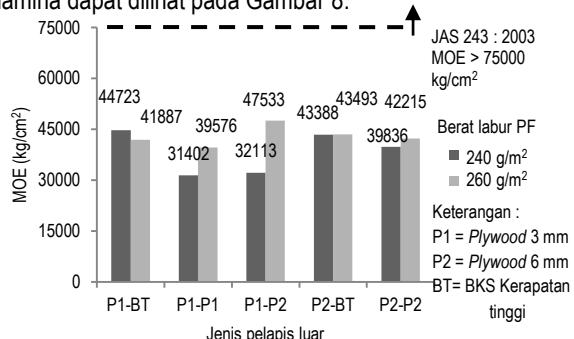
Perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perekat PF yang dikategorikan sebagai perekat eksterior dengan pelaburan perekat *double spread*. Ruhendi dkk (2007) menjelaskan bahwa perekat PF memiliki kelebihan tahan terhadap perlakuan air, tahan terhadap kelembaban dan temperatur tinggi. Achmadi (1990) menambahkan bahwa kelebihan perekat PF adalah viskositas resin yang cukup rendah yang memungkinkan penetrasi ke dalam pori-pori kayu sehingga kekuatan kohesif dari resin melebihi kekuatan resin dari kayu dan membentuk ikatan perekatan yang baik pada papan yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil uji delaminasi, pelapis luar plywood 3mm (P1), plywood 6 mm (P2) dan BKS (BT) sudah berikatan cukup optimal dan menghasilkan ikatan yang kuat dengan perekat PF sehingga tidak mudah lepas baik ikatan antar BKS ataupun antara BKS dengan plywood. Pelaburan perekat pada kedua sisi permukaan (*double spread*) papan lamina yang dilakukan pada penelitian ini menghasilkan ikatan yang baik antara perekat, papan BKS dan plywood. Selbo (1975) dalam Prayitno (1996) menjelaskan bahwa untuk mendapatkan ikatan yang baik antar perekat dengan papan maka sebaiknya digunakan pelaburan perekat pada kedua sisi permukaan atau *double spread*.

Pengujian dengan perendaman air dingin selama 6 jam untuk uji delaminasi, tidak menimbulkan garis rekat yang terbuka pada papan lamina yang dihasilkan. Hal ini diduga karena semua perlakuan berat labur perekat PF sebesar 240-260 g/m² yang digunakan masih optimal untuk penggunaan pada papan lamina berbahan baku BKS dan garis rekat yang tidak lebih dari 0,1 mm karena menurut Blas, dkk (1995) garis rekat yang lebih dari 0,1 mm akan mengalami keretakan. Berat labur yang terlalu rendah atau terlalu tinggi juga akan mempengaruhi kekuatan rekat dari papan lamina yang dihasilkan.

Sifat Mekanis Papan Lamina Nilai MOE (Modulus of Elasticity)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari MOE papan lamina dari BKS dengan variasi pelapis luar dan berat labur perekat PF berkisar antara 31.401,62-47.532,96 kg/cm². Rekapitulasi rata-rata nilai MOE papan lamina dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Nilai MOE papan lamina

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai MOE terendah terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P1-P1 dan berat labur 240 g/m² yaitu sebesar 31.402 kg/cm² sedangkan nilai MOE tertinggi terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P1-BT dan berat labur 260 g/m² yaitu sebesar 44.723 kg/cm². Nilai rata-rata MOE tidak ada yang memenuhi standar JAS 243 : 2003 yang mensyaratkan nilai MOE >75.000 kg/cm².

Berdasarkan hasil analisis ragam juga menunjukkan bahwa variasi berat labur perekat PF berpengaruh nyata terhadap nilai MOE papan lamina, tetapi variasi pelapis luar serta interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata. Hal ini berarti adanya interaksi antara variasi pelapis luar dan peningkatan berat labur tidak mempengaruhi nilai MOE papan lamina yang dihasilkan.

Nilai MOE tidak ada yang memenuhi standar JAS 243 : 2003 disebabkan oleh rendahnya kerapatan bahan baku batang kelapa sawit sehingga menghasilkan papan lamina dengan kerapatan rendah dan nilai MOE yang rendah juga. Bahan baku BKS bagian tengah (*core*) memiliki kerapatan 0,25-0,36 g/cm³. Upaya peningkatan dilakukan dengan pemberian pelapis luar *plywood* 3 mm dengan kerapatan 0,6 g/cm³ dan *plywood* 6 mm dengan kerapatan 0,56 g/cm³ serta BKS dengan kerapatan 0,45-0,5 g/cm³, tetapi kerapatan papan lamina yang dihasilkan juga belum mampu meningkatkan nilai MOE. Menurut Walker (1993), faktor yang mempengaruhi kekuatan kayu adalah kerapatan. Semakin tinggi kerapatan maka kekuatan kayu akan semakin meningkat.

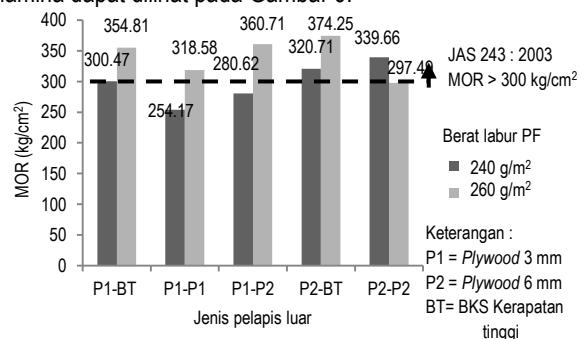
Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui bahwa berat labur yang optimal adalah berat labur perekat PF 260 g/m² karena menunjukkan nilai MOE yang lebih tinggi. Penggunaan berat labur perekat PF 260 g/m² cenderung lebih banyak menutupi permukaan antar lapisan papan lamina dibandingkan berat labur 240 g/m², sehingga papan lamina memiliki nilai kekuatan dan kelenturan yang lebih baik. Hal ini sesuai dengan penelitian Cahyadi, dkk (2012) yang menyimpulkan bahwa dengan bertambahnya berat labur perekat maka nilai MOE papan lamina juga semakin tinggi. Perangin-angin (2014) dalam penelitiannya membentarkan bahwa variasi berat labur perekat PF yang terbaik antara 240 g/m² dan 260 g/m² untuk nilai MOE papan lamina dari batang kelapa sawit adalah 260 g/m².

Penggunaan pelapis luar *plywood* 6 (P2) mm menghasilkan nilai MOE yang tidak jauh berbeda dengan papan lamina dengan pelapis luar *plywood* 3 mm (P1). Hal ini diduga disebabkan oleh jenis pelapis luar yang digunakan memiliki berat jenis atau kerapatan yang tidak jauh berbeda yaitu kerapatan *plywood* 3 mm dan 6 mm sebesar 0,56-0,6 g/cm³ dan BKS sebesar 0,45-0,5 g/cm³. Hal ini sesuai dengan penelitian Herawati (2008) yang menyatakan bahwa nilai MOE lebih dipengaruhi pada kondisi papan lamina terutama adanya cacat mata kayu atau serat miring. Selain dipengaruhi oleh sifat-sifat kayunya, kualitas perekatan pada penelitian yang dilakukan juga dipengaruhi oleh pengempaan.

Nilai MOE papan lamina sebesar 31.402-47.532 kg/cm² termasuk lebih tinggi jika dibandingkan dengan papan lamina dari BKS dengan perekat PF yang berkisar antara 15.727-31.732 kg/cm² (Perangin-angin, 2014) dan papan lamina dari BKS dengan perekat UF yang berkisar 23.007-26.707 kg/cm² (Ginting, 2014). Hal ini diduga karena faktor pelapis luar yang digunakan berbeda, terutama kerapatan. Perangin-angin (2014) dan Ginting (2014) menggunakan BKS berkerapatan 0,35-0,4 g/cm³ sebagai bagian depan (*face*) dan bagian belakang (*back*) sedangkan pada penelitian ini menggunakan *plywood* 3 mm dan 6 mm berkerapatan 0,56-0,6 g/cm³ dan BKS berkerapatan 0,45-0,5 g/cm³. Kayu yang memiliki kerapatan lebih tinggi akan memiliki kekuatan yang lebih tinggi.

Nilai MOR (Modulus Of Rupture)

Hasil penelitian diperoleh nilai rata-rata dari MOR papan lamina berbahan baku BKS dengan variasi pelapis luar dan berat labur perekat PF berkisar antara 254,17-374,25 kg/cm². Rekapitulasi rata-rata nilai MOR papan lamina dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Nilai MOR papan lamina

Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai MOR terendah terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P1-P1 dan berat labur 240 g/m² yaitu sebesar 254,17 kg/cm² sedangkan nilai MOR tertinggi terdapat pada papan lamina dengan pelapis luar P2-BT dan berat labur 260 g/m², yaitu sebesar 374,25 kg/cm². Nilai MOR telah memenuhi standar JAS 243:2003 yang mensyaratkan nilai MOR >300 kg/cm², kecuali perlakuan pelapis luar P1-P1, P1-P2 dengan berat labur 240 g/m² dan perlakuan pelapis luar P2-P2 dengan berat labur 260 g/m² yang tidak memenuhi standar yang ditentukan.

Hasil analisis ragam juga menunjukkan bahwa variasi berat labur perekat PF berpengaruh nyata terhadap nilai MOR papan lamina, tetapi variasi pelapis

luar serta interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata. Hal ini berarti adanya interaksi antara variasi pelapis luar dan peningkatan berat labur tidak mempengaruhi nilai MOR papan yang dihasilkan.

Gambar 9 menunjukkan bahwa berat labur mempengaruhi nilai MOR yang dihasilkan pada papan lamina. Berat labur 260 g/m² adalah berat labur yang optimal karena cenderung menunjukkan nilai MOR yang lebih tinggi. Penggunaan berat labur perekat PF 260 g/m² lebih banyak masuk ke bagian inti papan lamina dan mengisi rongga-rongga sel batang kelapa sawit sehingga cenderung meningkatkan nilai kekuatan dari batang kelapa sawit dan mempengaruhi nilai MOR papan lamina. Hal ini sesuai dengan penelitian Cahyadi, dkk (2012) pada pembuatan bambu laminasi dengan perekat water based polymer isocyanate yang diencerkan dengan metanol yang menyatakan bahwa dengan bertambahnya berat labur perekat maka nilai MOR papan lamina juga semakin tinggi. Perangin-angin (2014) dalam penelitiannya membenarkan bahwa variasi berat labur perekat PF yang terbaik antara 240 g/m² dan 260 g/m² untuk nilai MOR papan lamina dari batang kelapa sawit adalah 260 g/m².

Akan tetapi, penggunaan pelapis luar plywood 3 mm (P1) menghasilkan nilai MOR yang tidak jauh berbeda dengan papan lamina dengan pelapis luar plywood 6 mm (P2). Hal ini diduga disebabkan oleh jenis pelapis luar yang digunakan memiliki berat jenis atau kerapatan yang berbeda jauh yaitu kerapatan plywood 3 mm dan 6 mm sebesar 0,56-0,6 g/cm³ dan BKS (BT) sebesar 0,45-0,5 g/cm³. Hal ini sesuai dengan Geen (1999) dalam Herawati (2008) menjelaskan bahwa nilai MOR dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kerapatan atau berat jenis, mata kayu, dan serat miring.

Nilai MOR papan lamina dari BKS dengan variasi pelapis luar dan berat labur perekat PF yaitu 254,17-374,25 kg/cm² termasuk lebih tinggi jika dibandingkan dengan papan lamina dari BKS dengan perekat UF yang berkisar 126,43-192,89 kg/cm² (Ginting, 2014). Hal ini membuktikan bahwa masalah kerapatan BKS yang rendah telah berhasil diatasi dengan pengkombinasian BKS dengan plywood sehingga nilai MOR papan lamina yang dihasilkan sebagian besar memenuhi standar yang ditentukan.

Kualitas Papan Lamina

Berdasarkan pada Tabel 2 dapat diketahui hasil pengujian kualitas papan lamina BKS untuk pengujian sifat fisis yaitu kadar air dan uji delaminasi seluruhnya telah memenuhi standar JAS 243:2003 sedangkan untuk nilai kerapatan, daya serap air, dan pengembangan tebal tidak dipersyaratkan pada standar JAS 243:2003. Hasil pengujian sifat mekanis yaitu nilai MOR sebagian besar telah memenuhi standar JAS 243:2003 sedangkan untuk nilai MOE tidak ada satupun contoh uji yang memenuhi standar.

Tabel 2. Rekapitulasi kualitas papan lamina BKS berdasarkan JAS 243:2003

Pelapis Luar	Berat Labur (g/m ²)	Kerapatan (g/cm ³)	KA (%)	DSA (%)	PT (%)	D (%)	MOE (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)
P1-BT	240	0,48	10,82*	53,70	6,42	0*	44.723	300,47*
	260	0,53	10,35*	54,14	11,06	0*	41.887	354,81*
P1-P1	240	0,54	10,68*	58,10	9,45	0*	31.402	254,17
	260	0,49	10,38*	58,53	9,55	0*	39.576	318,58*
P1-P2	240	0,52	9,92*	53,40	9,30	0*	32.114	280,62
	260	0,57	10,36*	52,68	8,77	0*	47.533	360,71*
P2-BT	240	0,48	10,95*	51,30	6,41	0*	43.388	320,71*
	260	0,62	10,84*	49,11	7,58	0*	43.493	374,25*
P2-P2	240	0,51	11,36*	53,52	7,17	0*	39.836	339,66*
	260	0,57	9,73*	51,91	11,41	0*	42.215	297,49
JAS 243: 2003	ts	≤ 15	Ts	ts	< 10	> 75.000	> 300	

Keterangan :

KA	= Kadar Air
DSA	= Daya Serap Air
PT	= Pengembangan Tebal
D	= Delaminasi
MOE	= Modulus of Elasticity
MOR	= Modulus of Rupture
P1	= Plywood 3 mm
P2	= Plywood 6 mm
BT	= Batang kelapa sawit kerapatan tinggi
*	= memenuhi standar JAS 243:2003
ts	= tidak disyaratkan JAS 243:2003

Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa kualitas papan lamina yang paling baik secara umum adalah papan lamina dengan pelapis luar P2-BT atau plywood 6 mm dan BKS kerapatan tinggi dengan berat labur 260 g/m². Hal ini dapat dilihat dari nilai MOE, MOR dan kerapatan papan lamina tertinggi yang diperoleh dari variasi pelapis luar dan berat labur tersebut. Sedangkan, kualitas papan lamina yang paling buruk adalah papan lamina dengan pelapis luar P1-P1 atau plywood 3 mm dan plywood 3 mm dengan berat labur 240 g/m². Hal ini dapat dilihat dari nilai MOE dan MOR papan lamina terendah yang diperoleh dari variasi pelapis luar dan berat labur tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Variasi pelapis luar dan berat labur perekat PF pada papan lamina tidak mempengaruhi semua nilai sifat fisis dan mekanis karena hanya mempengaruhi nilai kerapatan dan kadar airnya. Sifat fisis dan mekanis papan lamina yang memenuhi standar JAS 243:2003 adalah kadar air, uji delaminasi dan sebagian besar MOR.
- Berat labur perekat PF terbaik pada pembuatan papan lamina secara umum adalah 260 g/m². Pelapis luar yang terbaik pada pembuatan papan lamina secara umum adalah pelapis luar P2 – BT atau plywood 6 mm dan BKS kerapatan tinggi.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan bahan tambahan, seperti pada bahan baku batang kelapa sawit agar dapat meningkatkan ketahanan dan kekuatan papan lamina. Sifat mekanis papan lamina juga masih perlu ditingkatkan dengan menggunakan BKS berkerapatan tinggi atau upaya pemadatan BKS untuk meningkatkan kerapatan sebelum diolah menjadi papan lamina.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman dan N.Hadjib. 2005. Kekuatan dan kekakuan balok laminasi dari dua jenis kayu kurang dikenal. *Peneliti Hasil Hutan* 27:87-100
- Achmadi, S.S. 1990. Kimia kayu. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. IPB Press. Bogor.
- Arsad, E. 2011. Sifat fisik kayu lapis berbahan baku kayu akasia (*Acacia mangium* Willd.) dan kelampayan (*Anthoniocephalus* spp.). *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* Vol. 3, No. 2
- Blass, H.J., P. Aune, B.S. Choo, R. Gorlacher, D.R. Griffiths, B.O. Hilso, P. Racher dan G. Steck, (Eds.). 1995. Timber Engineering Step I, First Edition. Centrum Hout. Netherlands
- Cahyadi, D., A. Firmanti, B. Subiyanto. 2012. Sifat fisis dan mekanis bambu laminasi bahan berbentuk pelupuh (Zephyr) dengan penambahan metanol sebagai pengganti pengencer perekat. *Permukiman* Vol.7 No.1: 1-4
- Ginting, B. 2014. Variasi berat labur perekat urea formaldehida terhadap kualitas papan lamina dari batang kelapa sawit. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan
- Haygreen, J. G. dan J.L. Bowyer. 1993. Hasil hutan dan ilmu kayu. Penerjemah Sutjipto A. Hadikusumo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Herawati, E. 2008. Krakteristik glulam dari kayu berdiameter kecil. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Japanese Agricultural Standard. 2003. Japanese Agricultural Standard for Glued Laminated Timber. PT. Mutuagung Lestari. Bogor
- Perangin-angin, F.S. 2014. Variasi berat labur perekat phenol formaldehida terhadap kualitas papan lamina dari batang kelapa sawit. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan
- Pendidikan Industri Kayu Atas (PIKA). 1979. Mengenal Sifat-sifat Kayu Indonesia dan Penggunaannya. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Pratisto, A. 2004. Cara mudah mengatasi masalah statistik dan rancangan percobaan dengan SPSS 12. Gramedia. Jakarta.
- Prayitno, T. A. 1996. Perekatan kayu. Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- Putra, R.S. 2009. Karakteristik produk komposit dari vascular bundles limbah batang kelapa sawit. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Risnasari, I., I. Azhar, dan A. N. Sitompul. 2012. Karakteristik balok laminasi dari batang kelapa (*Cocos nucifera* L.) dan kayu kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.). FORESTA I:79-87
- Ruhendi, S., D. N. Koroh, F. A. Syamani, H. Yanti, Nurhaida, S. Saad, T. Sucipto. 2007. Analisis Perekatan Kayu. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Walker, J. C. F. 1993. Primary wood processing principle and practice champman and hall. London