

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kebutuhan kayu terus meningkat dalam pemanfaatannya hingga saat ini. Pemanfaatan kayu digunakan sebagai bahan bangunan, meubel, *furniture* dan produk berbahan kayu lainnya dalam industri perkayuan, namun kebutuhan tersebut berbanding terbalik dengan produksi kayu. Khususnya produksi kayu yang berasal dari hutan alam yang terus menurun, disertai meningkatnya laju deforestasi. Pada tahun 2017-2018 terjadi peningkatan deforestasi sebesar 439 ribu ha (BPS 2020). Selain itu, kecepatan pemanfaatan kayu tidak seimbang dengan kecepatan penanaman tegakan baru dan terbatasnya produksi hutan tanaman industri (HTI), sehingga pasokan bahan baku kayu cenderung tidak terpenuhi. Dengan meningkatnya permintaan pasokan bahan baku perlu adanya alternatif bahan lainnya untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu bahan yang berpotensi untuk dimanfaatkan adalah batang kelapa sawit (BKS).

Pemanfaatan BKS yang masih terbatas menjadi peluang untuk dikembangkan dan diteliti. Menurut Kementerian Pertanian (2019), pada tahun 2016 perkebunan kelapa sawit seluas 11 201 465 ha dan diperkirakan akan mencapai 14 677 560 ha pada tahun 2019. BKS dihasilkan dari proses peremajaan. Kelapa sawit yang ditebang secara rutin setiap 25-30 tahun. Hasil tersebut umumnya dibuang dan dibiarkan menjadi limbah di lahan perkebunan. Selain itu, BKS dapat menjadi sarang serangga, hama dan tikus bagi tanaman kelapa sawit baru (Cahyaningtyas 2019). Penanganan BKS dilakukan dengan cara dibakar, tetapi hal tersebut dapat mencemari udara serta berpotensi menyebabkan kebakaran lahan. Potensi batang kelapa sawit mencapai 60 000 m<sup>3</sup>/tahun dari 12 000 ha luas peremajaan (Mangurai *et al.* 2018). Berdasarkan jumlah tersebut BKS berpeluang untuk dikembangkan sebagai bahan baku bangunan guna mencukupi kebutuhan.

BKS memiliki keterbatasan dimensi yang menghambat pemanfaatannya sebagai bahan bangunan. Selain itu, BKS memiliki kelemahan karena beberapa sifat fisis dan mekanis yang rendah dalam pemanfaatannya sebagai produk gergajian (Iswanto *et al.* 2010). Oleh sebab itu, pemanfaatan BKS dapat digunakan sebagai bahan baku pengganti kayu dengan cara melakukan modifikasi baik secara fisik maupun kimiawi. Pemanfaatan BKS dapat digunakan sebagai bahan baku pengganti kayu dalam bentuk papan laminasi (Massijaya *et al.* 2005). Karakteristik kayu laminasi dipengaruhi oleh sifat lamina-lamina penyusunnya (Yang *et al.* 2007).

Salah satu upaya untuk meningkatkan karakteristik batang kelapa sawit dilakukan modifikasi kimia dengan cara furfuralisasi. Menurut Epmeier *et al.* (2004), furfuralisasi salah satu modifikasi paling efektif dibandingkan dengan modifikasi lainnya seperti asetilasi, modifikasi dengan *methylated melamine formaldehyde*, *meleoylation*, dan *succination*. Furfuralisasi merupakan modifikasi secara kimia yang mampu mencapai ke dalam dinding sel, sehingga terjadi reaksi silang dengan gugus hidroksil kayu (Balfas dan Sumarni 1995). Furfuralisasi dapat dilakukan dengan cara perendaman yang memasukan bahan *furfuryl alcohol* (FA) pada suatu produk untuk meningkatkan sifat fisis, mekanis, dan keawetannya. FA merupakan bahan yang ramah lingkungan, diperoleh dari hasil hidrogenasi limbah pertanian. Selain itu, menurut Baysal *et al.* (2004) dan Lande *et al.* (2004a), furfuralisasi dapat



meningkatkan *anti-swelling efficiency* (ASE) dan menurunkan daya serap air pada kayu terfurfurilasi serta dapat meningkatkan sifat mekanis. Namun sampai saat ini, penelitian mengenai pemanfaatan BKS terfurfurilasi masih terbatas. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan BKS dengan modifikasi kimia menggunakan *furfuryl alcohol*.

### Rumusan Masalah

Bahan baku batang kelapa sawit dapat digunakan sebagai alternatif kayu dalam memenuhi permintaan industri perkayuan, namun batang kelapa sawit memiliki sifat fisis dan mekanis yang rendah. Perlu adanya modifikasi untuk meningkatkan sifat batang kelapa sawit dengan cara modifikasi kimia menggunakan *furfuryl alcohol*. Rumusan masalah penelitian ini ialah bagaimana pengaruh perlakuan *furfuryl alcohol* terhadap sifat fisis mekanis lamina batang kelapa sawit.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat fisis – mekanis batang kelapa sawit dengan perlakuan perendaman *furfuryl alcohol*.

### Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah terkait peningkatan kualitas lamina batang kelapa sawit dengan cara perendaman *furfuryl alcohol* sebagai bahan baku papan laminasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

## METODE

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2019 sampai Maret 2020 di Laboratorium Pengergajian dan Pengerjaan (*workshop*), Laboratorium Biokomposit, dan Laboratorium Rekayasa dan Desain Bangunan Kayu (RDBK) Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

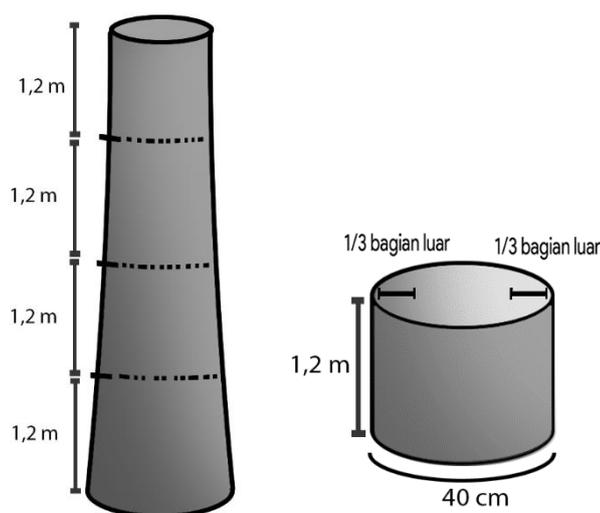
### Alat dan Bahan

Bahan utama dalam penelitian ini ialah 1/3 bagian luar batang kelapa sawit berumur 25-30 tahun berdiameter  $\pm 40$  cm yang diperoleh dari kebun kelapa sawit Cikabayan, Dramaga, Bogor. Bahan kimia yang digunakan ialah *furfuryl alcohol* dan asam tartarat sebagai katalis. Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya *chainsaw*, *circular saw*, timbangan digital, kaliper, *oven*, *universal testing machine* (UTM) merk *Instron*, kempa panas, wadah untuk perendaman, dan alumunium foil.

### Prosedur Penelitian

#### Pembuatan Lamina

Batang kelapa sawit (BKS) dipotong menggunakan *chainsaw* menjadi 3-4 bagian dari pangkal masing-masing sepanjang 120 cm. Log BKS dibelah menjadi papan berukuran  $(120 \times 6 \times 1)$  cm<sup>3</sup>. Kemudian papan dikeringkan dengan kempa panas tanpa diberi tekanan dengan suhu 70 °C dan dikering udarkan hingga kadar air mencapai 14%. Papan dipotong dengan *circular saw* menjadi contoh uji berukuran  $(6 \times 6 \times 1)$  cm<sup>3</sup> dan  $(20 \times 5 \times 1)$  cm<sup>3</sup> yang disiapkan untuk perendaman. Sebelum perendaman, semua spesimen dikeringkan dengan oven selama 48 jam pada  $60 \pm 2$  °C. Kemudian, bobot dan ukuran spesimen kering-oven diukur.



Gambar 1 Ilustrasi bagian BKS untuk sampel pengujian

## Perlakuan Perendaman

Proses perendaman lamina batang kelapa sawit dengan *furfuryl alcohol* dilakukan menggunakan metode perendaman. Larutan FA 100% ditambahkan katalis asam tartarat 5% (w/w). Menurut Sejati *et al.* (2016), asam tartarat merupakan katalis FA yang lebih baik dengan WPG yang tinggi dibandingkan asam sitrat, asam maleat, anhidrida maleat, dan asam itakonat. Perendaman lamina BKS dalam larutan FA dilakukan dengan variasi waktu rendam, yaitu 6 jam, 12 jam, dan 24 jam. Setelah direndam lamina dibungkus dengan *aluminium foil* dan dioven pada suhu  $103 \pm 2$  °C selama 24 jam sebagai tahap polimerisasi. Kemudian dilakukan pengukuran dimensi dan penimbangan berat dilanjutkan pengujian sifat fisis dan sifat mekanis setelah *conditioning* selama 2 minggu.

## Pengujian Sifat Fisis Lamina

Pengujian sifat fisis lamina terdiri dari *weight percentage gain* (WPG), *bulking effect* (BE), kadar air, kerapatan (Tsumis 1991), daya serap air (DSA) 2 jam dan 24 jam, dan pengembangan tebal (PT) 2 dan 24 jam. Pengujian tersebut menggunakan contoh uji yang berukuran (6 x 6 x 1) cm<sup>3</sup>. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung sifat fisis tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{WPG} = \frac{B_b - B_a}{B_a} \times 100\% ; \text{BE} (\%) = \frac{(V_0 - V_1)}{V_0} \times 100\% \quad \text{KA} = \frac{B_0 - B_1}{B_1} \times 100\% ;$$

$$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{W}{V} ; \text{DSA} (\%) = \frac{B_b - B_a}{B_a} \times 100\% ; \text{PT} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

Keterangan :

- WPG : *Weight percentage gain* (%)
- B<sub>a</sub> : Berat contoh uji kering oven sebelum perlakuan (g)
- B<sub>b</sub> : Berat contoh uji kering oven setelah polimerisasi (g)
- BE : *Bulking effect* (%)
- V<sub>0</sub> : Volume sampel kering oven sebelum perlakuan (cm<sup>3</sup>)
- V<sub>1</sub> : Volume sampel kering oven sesudah perlakuan (cm<sup>3</sup>)
- KA : Kadar air (%)
- B<sub>0</sub> : Berat awal contoh uji setelah *conditioning* (g)
- B<sub>1</sub> : Berat konstan contoh uji setelah dikeringkan dengan oven (g)
- ρ : kerapatan (g/cm<sup>3</sup>)
- W : Berat sampel kering tanur (g)
- V : Volume sampel kering tanur (cm<sup>3</sup>)
- DSA : Daya serap air (%)
- B<sub>a</sub> : Berat awal contoh uji sebelum direndam (gram)
- B<sub>b</sub> : Berat contoh uji setelah direndam 2 dan 24 jam (gram)
- PT : Pengembangan tebal (%)
- T<sub>1</sub> : Tebal awal contoh uji sebelum direndam (cm)
- T<sub>2</sub> : Tebal contoh uji setelah direndam 2 dan 24 jam (cm)

### Pengujian Sifat Mekanis Lamina

Pengujian sifat mekanis lamina terdiri dari *modulus of elastisity* (MOE) dan *modulus of rupture* (MOR) menggunakan contoh uji yang berukuran (20 x 5 x 1) cm<sup>3</sup> dengan jarak sangga 15 cm. Pengujian MOE dan MOR dilakukan menggunakan mesin UTM merk *Instron* dengan metode *one point loading*. Pengujian mengacu JIS Z 2102: 2003, nilai MOE dan MOR diperoleh melalui persamaan:

$$\text{MOE} = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta Ybh^3} ; \text{MOR} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Keterangan :

MOE : *Modulus of Elastisity* (N/mm<sup>2</sup>)

MOR : *Modulus of Rupture* (N/mm<sup>2</sup>)

P : Beban sebelum batas proporsi (N)

L : Jarak sangga (mm)

b : lebar contoh uji (mm)

h : tebal contoh uji (mm)

$\Delta Y$  : Lenturan pada beban P (mm)

### Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisis menggunakan metode rancangan percobaan rancangan acak lengkap (RAL) sederhana. Analisis dilakukan menggunakan program perhitungan IBM SPSS *Statistics (Statistical Package for Service Solutions)* versi 23. Analisis dilakukan menggunakan satu faktor, yaitu lama waktu perendaman *furfuryl alkohol* dengan 4 taraf (0, 6, 12 dan 24 jam) sebanyak 6 ulangan lamina. Model umum rancangann yang digunakan sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

$Y_{ij}$  : nilai respon pada faktor waktu rendam ke-i dan ulangan ke-j

$\mu$  : rata-rata umum

$A_i$  : pengaruh faktor waktu rendam pada taraf ke-i

i : waktu rendam *furfuryl alkohol* (0 jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam)

j : ulangan

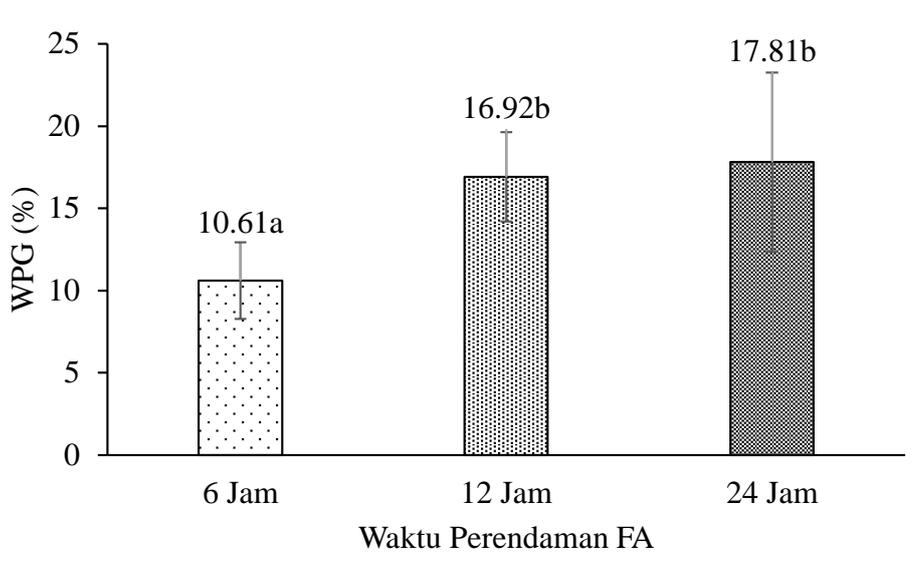
$\varepsilon_{ij}$  : pengaruh galat pada faktor perlakuan



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Weight Percentage Gain (WPG)

Nilai *weight percentage gain* (WPG) menunjukkan penambahan berat kayu yang terjadi karena masuknya suatu larutan ke dalam kayu dalam kondisi berat kering oven (Lande *et al.* 2004a). Lama perendaman meningkatkan nilai WPG lamina BKS (Gambar 2). Hasil analisis ragam menunjukkan variasi lama perendaman FA berpengaruh sangat nyata ( $p < 0.01$ ) terhadap WPG.



Gambar 2 WPG lamina BKS dengan perendaman FA

Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan nilai WPG antara lamina BKS dengan perendaman FA 12 jam tidak berbeda nyata terhadap 24 jam, namun berbeda nyata dengan 6 jam. Nilai WPG lamina BKS tertinggi sebesar 17.81% pada perlakuan waktu rendam FA 24 jam dan terendah sebesar 10.61% pada perlakuan waktu rendam FA 6 jam. Lama perendaman mempengaruhi penetrasi FA ke dalam kayu. Adanya proses polimerisasi mempertahankan jumlah penetrasi FA dalam kayu. Polimerisasi terjadi karena adanya reaksi FA dengan kayu yang ditandai dengan penambahan berat. Menurut Nordstierna *et al.* (2008), waktu reaksi yang lebih lama dan suhu yang lebih tinggi meningkatkan polimerisasi FA yang menghasilkan ikatan yang lebih baik pada kayu.

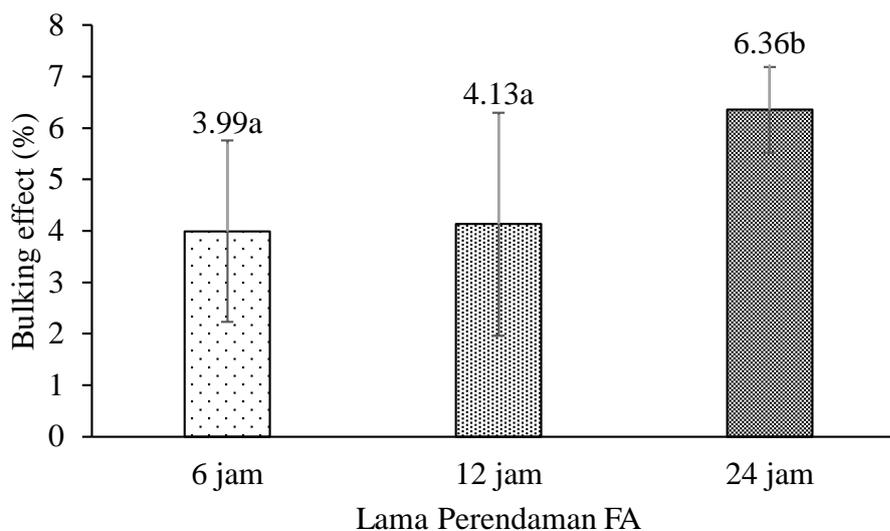
### Bulking Effect (BE)

*Bulking effect* (BE) adalah penambahan volume kayu setelah perlakuan perendaman dengan bahan kimia. Penambahan volume lamina BKS semakin meningkat dengan semakin lama perendaman FA (Gambar 3). Hasil analisis ragam menunjukkan variasi lama perendaman FA berpengaruh sangat nyata ( $p < 0.01$ ) terhadap *bulking effect*.

@Hak Cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

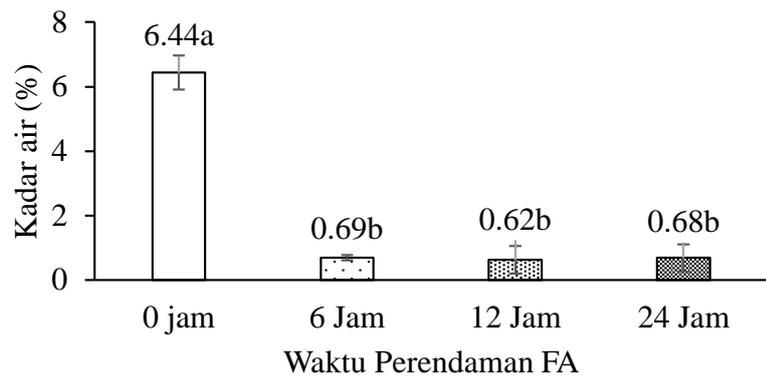


Gambar 3 *Bulking effect* lamina BKS perendaman FA

Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan nilai *bulking effect* antara lamina BKS dengan perendaman FA 24 jam berbeda dengan yang lainnya. Nilai BE lamina BKS tertinggi sebesar 6.36% pada perlakuan waktu rendam FA 24 jam dan terendah sebesar 3.99% pada perlakuan waktu rendam FA 6 jam. Penambahan volume terjadi karena FA masuk ke dalam dinding sel (Kong *et al.* 2017). Menurut Lande *et al.* (2004b), bulking permanen dan okulasi polimer FA terjadi pada struktur sel kayu, sehingga mempengaruhi kekakuan, kekuatan, dan kerapuhan kayu. Lamina BKS setelah perendaman FA dapat membentuk bulking permanen pada struktur dinding sel. Selain itu, Furfurilasi mampu mengurangi pengembangan volume kayu dengan bertambahnya waktu kontak antara kayu dengan air (Balfas 1993).

### Kadar Air

Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung pada kayu dalam satuan persen (Suranto 2004). Kadar air merupakan indikator penting dalam penggunaan kayu. Nilai kadar air menurun setelah dilakukan proses perendaman menggunakan FA (Gambar 4). Perendaman menggunakan FA dapat menurunkan nilai kadar air lamina BKS.

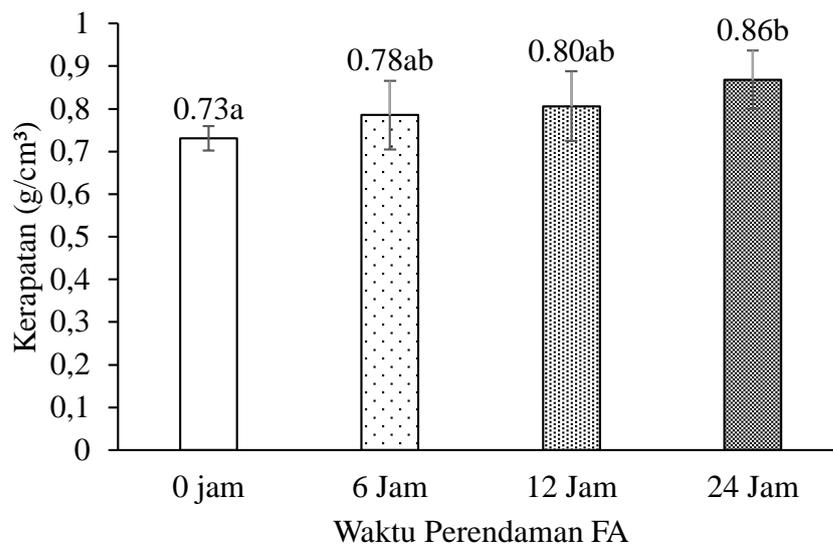


Gambar 4 Kadar air lamina BKS dengan perendaman FA

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa lama perendaman FA memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $p < 0.01$ ) terhadap nilai kadar air lamina BKS. Nilai KA terkecil ditunjukkan pada hasil perlakuan perendaman selama 12 jam. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan nilai kadar air antara lamina BKS tanpa perlakuan berbeda dengan yang lainnya. Namun, pada ketiga waktu perendaman menunjukkan hasil yang sama. Salah satu sifat BKS yaitu sangat mudah menyerap air atau higroskopis. Molekul-molekul selulosa yang tersusun banyak mengandung gugus-gugus hidroksil (OH) bebas yang mudah mengikat air (Prawirohatmodjo 2012). *Furfuryl alcohol* mampu mencapai ke dalam dinding sel terjadi reaksi silang dengan gugus hidroksil kayu (Balfas dan Sumarni 1995). Hal tersebut yang menyebabkan ikatan hidroksil bebas BKS membentuk ikatan silang dengan FA sehingga air atau uap air tidak mudah masuk kedalam batang kelapa sawit. Selain itu, kayu yang telah dipanaskan pada suhu diatas 100 °C dapat menyebabkan menurunnya sifat higroskopis (Mochsin *et al.* 2013). Setelah perendaman FA dilakukan polimerisasi dengan suhu 103 °C, proses tersebut dapat menurun sifat higroskopis lamina BKS.

**Kerapatan**

Kerapatan merupakan berat per satuan volume sebagai indikator yang mempengaruhi sifat fisis dan mekanis kayu (Shmulsky dan Jones 2011). Nilai kerapatan kayu sangat berpengaruh terhadap kekuatan kayu (Ruhendi *et al.* 2007). Lama perendaman meningkatkan nilai kerapatan lamina BKS (Gambar 5). Peningkatan nilai tersebut dari 0.73 g/cm<sup>3</sup> menjadi 0.78-0.86 g/cm<sup>3</sup>. Hasil analisis ragam menunjukkan variasi lama perendaman FA berpengaruh nyata terhadap kerapatan.



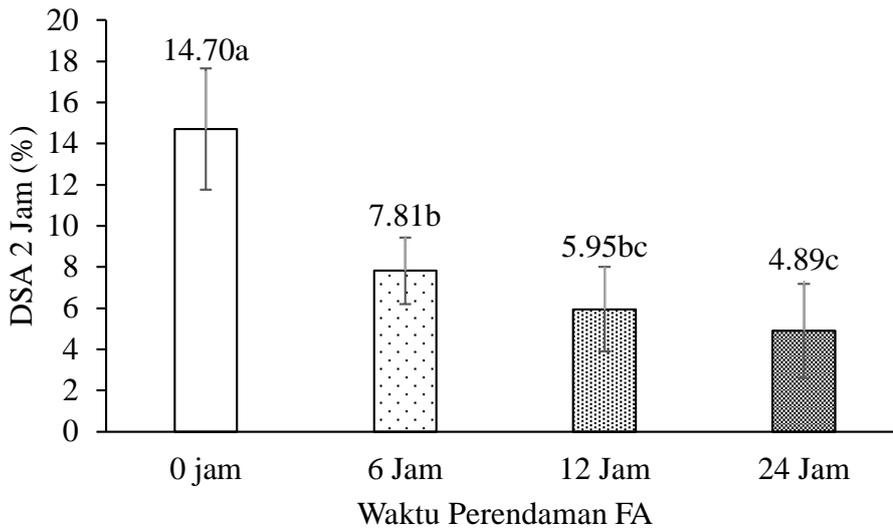
Gambar 5 Kerapatan lamina BKS dengan perendaman FA

Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan nilai kerapatan lamina BKS 0 jam atau tanpa perlakuan tidak berbeda nyata dengan lamina BKS dengan perendaman FA 6 jam dan 12 jam, namun berbeda nyata dengan perendaman FA 24 jam. Semakin lama perendaman maka semakin banyak penetasi FA sehingga menambah berat (WPG) lamina menyebabkan kerapatan lamina meningkat. Menurut Nordstierna *et al.* (2008), waktu reaksi yang lebih lama dan suhu yang lebih tinggi meningkatkan polimerisasi FA yang menghasilkan ikatan yang lebih baik pada kayu. Ikatan FA dengan kayu meningkatkan nilai kerapatan kayu. Menurut Ruhendi *et al.* (2007) menyatakan bahwa kerapatan kayu sangat berpengaruh terhadap kekuatan kayu tersebut. Semakin besar nilai kerapatan dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanis lamina BKS.

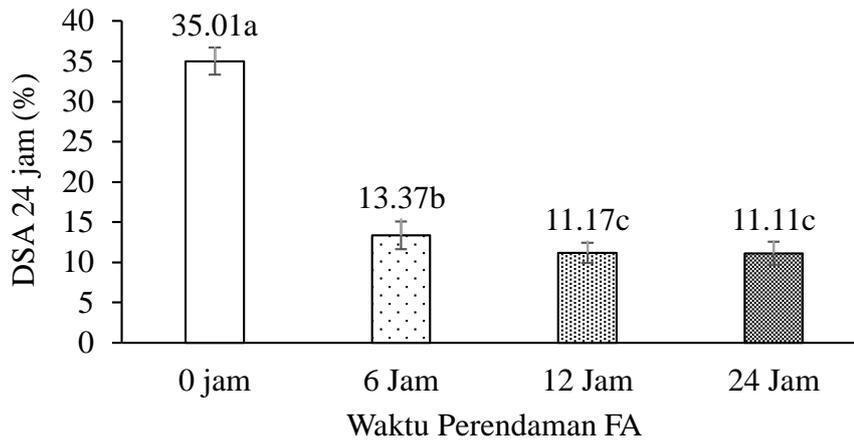
### Daya Serap Air

Daya serap air merupakan persentase perubahan berat lamina setelah direndam dalam air selama 2 jam dan 24 jam. Lama perendaman dapat menurunkan DSA 2 jam dan 24 jam lamina BKS (Gambar 6 dan 7). Perlakuan perendaman FA pada lamina BKS dapat menurunkan DSA 2 jam hingga 66.73 % sedangkan 24 jam mencapai 68.25% dari lamina BKS tanpa perlakuan. Hal ini menunjukkan lamina BKS dengan perendaman FA mampu mempertahankan stabilitas dimensi. Menurut Esteves *et al.* (2011) furfurilasi dapat meningkatkan sifat fisis kayu secara signifikan terutama stabilitas dimensi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.  
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.



Gambar 6 DSA 2 jam lamina BKS perendaman FA



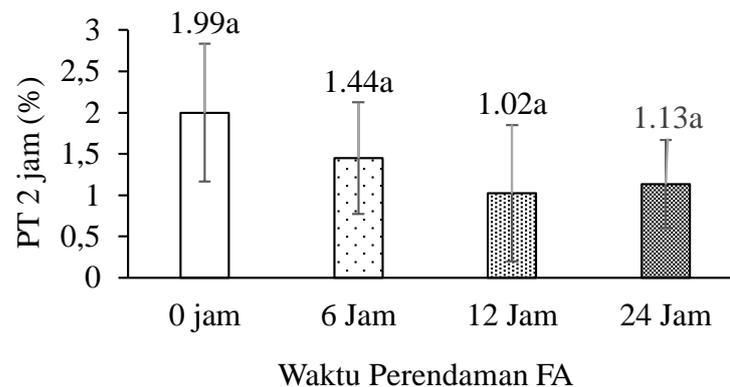
Gambar 7 DSA 24 jam lamina BKS perendaman FA

Hasil analisis ragam menunjukkan lama perendaman FA memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $p < 0.01$ ) terhadap nilai DSA 2 jam dan 24 jam. Nilai DSA terkecil dihasilkan dari lamina BKS yang direndam selama 24 jam. Semakin lama proses perendaman menggunakan FA menyebabkan semakin kecil nilai DSA yang dihasilkan. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan variasi waktu rendam FA berbeda nyata dengan 0 jam, akan tetapi lama perendaman 12 jam dan 24 jam menunjukkan nilai yang sama. Baysal *et al.* (2004) menunjukkan bahwa stabilitas dimensi meningkat ketika WPG semakin tinggi. WPG yang tinggi menunjukkan penetrasi FA pada kayu dengan jumlah yang banyak. Reaksi FA yang terjadi dengan dinding sel memungkinkan terjadinya ikatan silang antara FA dan komponen dinding sel yang mengubah sifat kimia dinding sel (Pilgard dan Alfredsen 2009; Lande *et al.* 2004b). Ikatan silang FA yang terjadi pada dinding sel dapat menghambat masuknya air ke dalam lamina BKS. Selain itu, *furfuryl alcohol* merupakan cairan hidrofilik tidak berwarna, namun bersifat hidrofobik ketika dipanaskan dengan adanya katalis asam (Thygesen *et al.* 2009). Perlakuan *furfuryl*

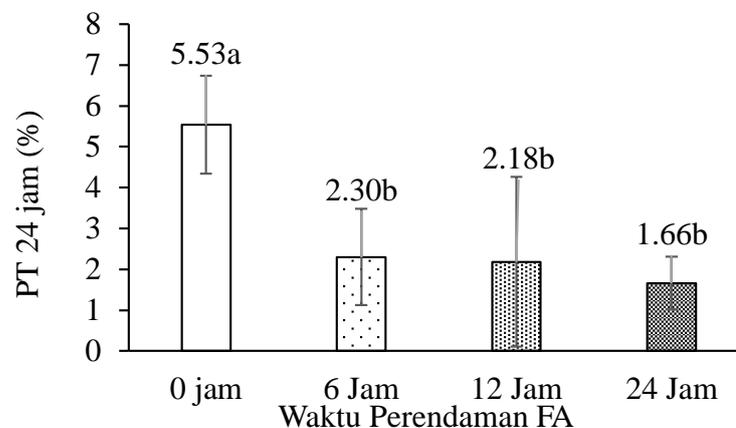
*alcohol* dapat membuat lamina BKS bersifat hidrofobik menolak masuknya air kedalam dinding sel. Menurut Baysal *et al.* (2004), bahwa terjadi peningkatan efisiensi *anti-swelling* dan penurunan penyerapan air pada kayu terfurfurilasi. Selain itu, terjadi penurunan daya serap air BKS dengan waktu perendaman FA karena dipengaruhi oleh polimerisasi. Polimerisasi *furfuryl alcohol* terjadi reaksi kimia yang kompleks, sehingga *furfuryl alcohol* masuk hingga rongga dan dinding sel (Herold *et al.* 2013). Oleh sebab itu, menghambat penyerapan molekul air ke dalam lamina BKS.

### Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal (PT) merupakan persentase perubahan ukuran tebal lamina. Nilai PT digunakan sebagai indikator penentu stabilitas dimensi untuk keperluan interior atau eksterior. Stabilitas dimensi yang rendah ditandai dengan pengembangan tebal yang tinggi dapat menurunkan sifat mekanis secara drastis dalam waktu yang tidak lama (Massijaya *et al.* 2005). Lama perendaman dapat menurunkan PT 2 jam dan 24 jam lamina BKS (Gambar 8 dan 9). Hasil analisis ragam pada PT 2 jam menunjukkan bahwa lama perendaman FA tidak memberikan pengaruh yang nyata. Akan tetapi pada hasil analisis ragam nilai PT 24 jam menunjukkan bahwa lama perendaman FA memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $p < 0.01$ ).



Gambar 8 PT 2 jam lamina BKS dengan perendaman FA

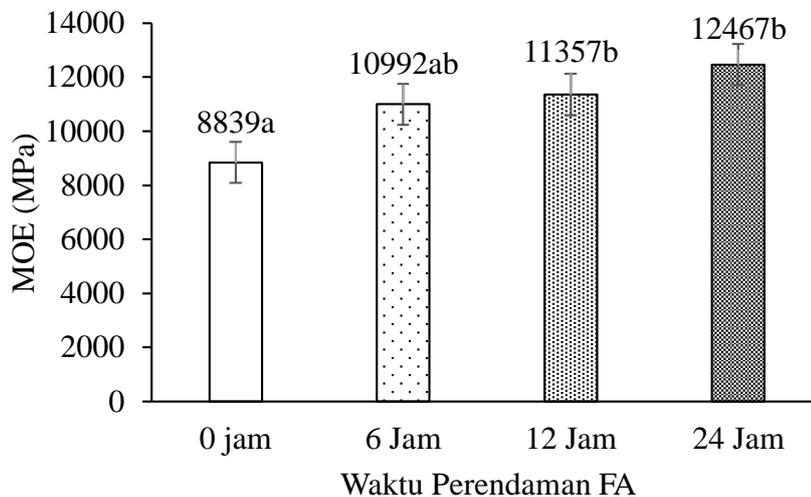


Gambar 9 PT 24 jam lamina BKS dengan perendaman FA

Hasil uji lanjut Duncan pada PT 24 jam menunjukkan bahwa lamina BKS tanpa perlakuan (0 jam) berbeda dengan yang lainnya. Namun, variasi lama perendaman FA tersebut menunjukkan nilai yang tidak berbeda. Pemberian perlakuan *furfuryl alcohol* dapat memperbaiki stabilitas dimensi lamina BKS. *Furfuryl alcohol* berperan sebagai bahan penolak air (*water repellent*) yang mampu mengurangi pengembangan kayu selama kontak dengan air (Balfas 1993). Hal tersebut disebabkan oleh bahan polimer yang masuk ke dalam rongga sel kayu menjadi *bulking agent* di dalam sel kayu yang menghambat perubahan dimensi (Nurwati *et al.* 2007). Lama perendaman mempengaruhi jumlah FA yang masuk ke dalam BKS, ketika FA mengering maka FA menjadi penghalang bagi air yang ada pada lingkungan sekitar masuk ke dalam kayu. Selain itu, stabilitas dimensi dengan perlakuan furfurilasi dipengaruhi oleh jenis kayu dan metode modifikasi (Balfas 1995). Metode modifikasi dengan perendaman dapat menyerap FA lebih banyak.

### Modulus of Elasticity (MOE)

Modulus lentur atau *modulus of elasticity* (MOE) adalah sifat kekakuan bahan menahan perubahan bentuk akibat pembebanan sampai dengan batas proporsi (Bowyer *et al.* 2003). Lama perendaman meningkatkan nilai MOE lamina BKS (Gambar 10). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa lama perendaman FA memberikan pengaruh yang nyata ( $p < 0.05$ ) terhadap nilai MOE. Semakin lama proses perendaman maka semakin banyak *furfuryl alcohol* yang masuk ke dalam BKS. *Furfuryl alcohol* dapat meningkatkan sifat mekanik khususnya peningkatan modulus elastisitas (Lande *et al.* 2004b).



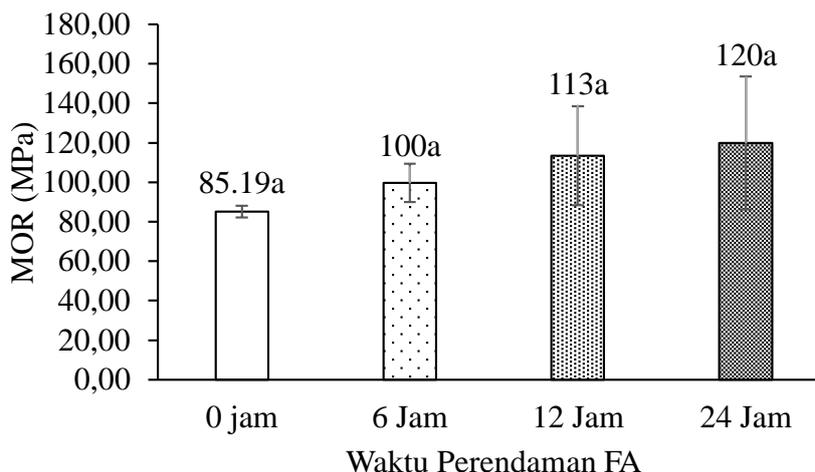
Gambar 10 MOE lamina BKS dengan perendaman

Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa lamina BKS tanpa perlakuan (0 jam) tidak berbeda nyata dengan lamina perendaman FA 6 jam, namun berbeda nyata dengan perendaman FA 12 jam dan 24 jam. Menurut Lande *et al.* (2004b) *bulking* permanen dan okulasi polimer oleh FA yang terjadi pada struktur sel mempengaruhi kekakuan kayu. *Furfuryl alcohol* mampu membuat ikatan kimia secara permanen sehingga kekuatan batang kelapa sawit meningkat. Hal tersebut

dibuktikan bahwa FA dapat mengisi dan mengikat rongga-rongga pada dinding sel menjadi padat (Dong *et al.* 2016).

### *Modulus of rupture (MOR)*

Modulus patah atau *modulus of rupture* (MOR) adalah beban maksimum yang mampu ditahan oleh kayu (Bowyer *et al.* 2003). Lama perendaman meningkatkan nilai MOR lamina BKS (Gambar 11).



Gambar 11 MOR lamina BKS dengan perendaman FA

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa lama perendaman FA tidak berpengaruh nyata terhadap nilai MOR. Menurut Dong *et al.* (2016), banyak sifat-sifat kayu dapat ditingkatkan dengan furfurilasi, tetapi terjadi penurunan pada kekuatan patah. Namun, hal tersebut berbeda dengan penelitian ini yang menunjukkan peningkatan nilai MOR, walaupun secara statistik tidak berbeda nyata. Menurut Bakar (2003), semakin banyak ikatan pembuluh yang menahan beban maka semakin besar beban yang harus diberikan supaya kayu sawit tersebut mengalami kerusakan secara permanen. Kekuatan patah BKS dipengaruhi oleh dua faktor yaitu kandungan serat dan jaringan polimer yang terbentuk. Distribusi *vascular bundle* mempengaruhi sifat batang kelapa sawit (Darwis *et al.* 2013).

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Lamina BKS dengan perlakuan perendaman FA lebih baik daripada lamina BKS tanpa perlakuan. Lama perendaman FA mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanis, kecuali pada PT 2 jam dan MOR. Semakin besar nilai WPG maka semakin meningkat sifat fisis dan sifat mekanis bahan. Perendaman lamina BKS selama 12 jam menunjukkan hasil yang optimal.

### Saran

Saran dari hasil penelitian ini furfurilasi pada lamina BKS dapat diterapkan dengan perendaman FA selama 12 jam. Furfurilasi dapat diaplikasikan menggunakan metode perendaman dengan mempertimbangkan aspek ekonomi. Perlu dilakukan penelitian dengan waktu yang lebih singkat. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai analisis morfologi dan komponen kimia BKS lamina terfurfurilasi serta uji keawetan produk BKS terfurfurilasi terhadap organisme perusak kayu.

## DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. *Angka Deforestasi Netto Indonesia*. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik. [diunduh 2020 April 03]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/statictable/2019/11/25/2081/angkadeforestasi-netto-indonesia-di-dalam-dan-di-luar-kawasan-hutan-tahun-2013-2018-ha-th-.html>
- Bakar, E. S. 2003. *Kayu Sawit Sebagai Substitusi Kayu dari Hutan Alam*. Forum Komunikasi dan Teknologi dan Industri Kayu. 2(1):5-6.
- Balfas J. 1993. Stabilisasi dimensi pada kayu tanaman karri (*Eucalyptus diversicolor*) dan jarrah (*E. marginata*). Bagian II : Furfurilasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 11(4):134-136.
- Balfas J. 1995. Furfurilasi pada kayu tusam (*Pinus merkusii* Jungh. Et de Vr.) dan mangium (*Acacia mangium* Willd.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 13(5):176-185.
- Balfas J, Sumarni G. 1995. Keawetan kayu tusam (*Pinus merkusii* Jungh. Et de Vr.) dan mangium (*Acacia mangium* Willd.) setelah furfurilasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 13(7): 259-265.
- Baysal E, Ozaki S, Yalinkilic M. 2004. Dimensional stabilization of wood treated with furfuryl alcohol catalysed by borates. *J Wood Sci Technol* 38(6):405–415.
- Bowyer JL, Rubin S, Jhon GH. 2003. *Forest Products and Wood Science : An Introduction Fourth edition*. New York (US): Iowa State Press.
- Cahyaningtyas AA, Ermawati R, Supeni G, Syamani FA, Masruchin N, Kusumaningrum WB, Pramasari DA, Darmawan T, Ismadi, Wibowo ES, *et al.* 2019. Modifikasi Dan Karakterisasi Pati Batang Kelapa Sawit Secara Hidrolisis Sebagai Bahan Baku Bioplastik. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 41(1):37-44.
- Darwis A, Ridho Nurrochmat D, Massijaya M Y, Nugroho N, Alamsyah E M, Tri Bahtiaran W, Safe'i R 2013 Vascular bundle distribution effect on density and mechanical properties of oil palm trunk. *Asian Journal of Plant Sciences*. 12(5):208–213
- Dong Y, Qin Y, Wang K, Yan Y, Zhang S, Li J, Zhang S. 2016. Assesment of the performance of furfurylated wood and acetylated wood: comparison among four fast growing wood species. *Journal BioResources*. 11(2):3679.
- Epmeier H, Westin M, Rapp A. 2004. Differently modified wood: comparison of some selected properties. *Scand J For Res*. 19:31–37.
- Esteves B, Nunes L, Pereira H. 2011. Properties of furfurylated wood (*Pinus pinaster*). *Eur J Wood Prod*. 69:521–525.
- Herold N, Dietrich T, Grigsby WJ. 2013. Effect of maleic anhydride content and ethanol dilution on the polymerization of furfuryl alcohol in wood veneer studied by differential scanning calorimetry. *Journal BioResources*. 8(1):1064-1075.



Iswanto AH, Sucipto T, Coto Z, F Febrianto. 2010. Sifat fisis dan mekanis batang kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) asal kebun Aek Pancur – Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*. 3(1):1-7.

[JIS] Japanese Industrial Standard Z 2102. 2003. *Method of Measuring Average Width of Annual Rings, Moisture Content and Specific Gravity of Wood*. Japan (JP): Japanese Standards Association.

Kementerian Pertanian. 2019. Statistik Perkebunan Indonesia 2017-2019 : Kelapa Sawit. Jakarta: Kementerian Pertanian.

Kong L, Guan H, Wang X. 2017. *In Situ Polymerization of Furfuryl Alcohol with Ammonium Dihydrogen Phosphate in Poplar Wood for Improved Dimensional Stability and Flame Retardancy*. Beijing (CN): ACS Sustainable Chemistry & Engineering.

Lande S, Westin M, Schneider M. 2004a. Chemistry and ecotoxicology of furfurylated wood. *Scand J For Res*. 19(5):14–21.

Lande S, Westin M, Schneider M. 2004b. Properties of furfurylated wood. *Scand J For Res*. 19(5):22–30.

Massijaya MY, Hadi YS, Marsiah H. 2005. *Pemanfaatan Limbah Kayu dan Karton sebagai Bahan Papan Komposit*. Bogor (ID): IPB Press.

Mochsin, Usman FH, Nurhaida. 2013. Stabilitas Dimensi Berdasarkan Suhu Pengeringan Dan Jenis Kayu. *Jurnal Univ Tanjungpura*. 229-241

Mangurai SU, Massijaya MY, Hadi YS , 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*. doi :10.1088/1755-1315/196/1/012025

Nordstierna L, Lande S, Westin M, Karlsson O, Furo I. 2008. Towards novel wood-based materials: chemical bonds between lignin-like model molecules and poly (furfuryl alcohol) studied by NMR. *Holzforschung*. 62:709–713.

Nurwati H, Hadi YS, dan Setyaningsih D. 2007. Sifat fisis dan mekanis sepuluh provenans kayu mangium (*Acacia Mangium* Willd) dari Patung Panjang Jawa Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 5(1): 7-11.

Pilgard A, Alfredsen G. 2009. A better understanding of the mode of action of furfurylated wood. Di dalam: *Proceedings of the 5th meeting of the Nordic-Baltic Network in Wood Material Science and Engineering (WSE)*; 2010 October 1–2, Copenhagen. Copenhagen (DK): 13–19

Prawirohatmodjo S. 2012. *Sifat-sifat Fisika Kayu*. Yogyakarta (ID): Cakrawala Media.

Ruhendi S, Koroh DS, Syamani FA, Yanti H, Nurhaida, Saad S, dan Sucipto T. 2007. *Analisis Perekatan Kayu*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Sejati PS, Imbert A, Charbonnier CG, Dumarcay S, Fredon E, Masson E, Nandika D, Priadi T, Gerardin P. 2016. Tartaric acid catalyzed furfurylation of beech wood. *J. Wood sci Technol*. Doi :10.1007/s00226-016-0871-8

Shmulsky R dan Jones PD. 2011. *Forest Products and Wood Science An introduction<sup>6th</sup>*. West Sussex (ENG): John Wiley & Sons Inc.

Suranto Y. 2004. *Pengeringan Kayu*. Yogyakarta (ID): Universitas Gajah Mada.

Thygesen L G, Barsberg S, Venas T M. 2009. The fluorescence characteristics of furfurylated wood studied by fluorescence spectroscopy and confocal laser scanning microscopy. *J. Wood Sci Technol*. 44:51-65.

- Tsoumis G. 1991. *Science and Technology of Wood Structure, Properties, Utilization*. United States (US): Van Nostrand Reinhold.
- Yang TH, Wang SY, Lin CJ, Tsai MJ, Lin FC. 2007. Effect of laminate configuration on the modulus of elasticity of glulam evaluated using a strain gauge method. *J. Wood Sci.* 53(1): 31-39.

@Hak cipta milik IPBUniversity

IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.



## RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Jakarta pada 31 Mei 1998 sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Syahriwal dan Alm. Ibu Fitri Syar. Penulis lulus dari SDN Mustika Jaya V pada tahun 2010, lulus dari SMPN 16 Kota Bekasi pada tahun 2013, dan lulus dari SMAN 9 Kota Bekasi pada tahun 2016. Pada tahun 2016 penulis diterima sebagai mahasiswa Institut Pertanian Bogor melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) di Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan.

Selama mengikuti perkuliahan di IPB, penulis menjadi anggota Lingkung Seni Sunda (LISES) Genra Kaheman pada tahun 2017. penulis menjadi pengurus Divisi Media dan *Branding* Himpunan profesi Mahasiswa Hasil Hutan (HIMASILTAN) pada periode 2017/2018 dan 2018/2019. Selain itu, penulis menjadi anggota pada periode 2017/2018 dan menjadi Bendahara Divisi Achievement pada periode 2018/2019 Forum Scientist for Student (FORCES). Penulis menjadi pengurus komunitas Generasi Cerdas Iklim (GCI) sejak tahun 2018-sekarang.

Penulis telah mengikuti kegiatan *fieldtrip* dan praktek lapang diantaranya *fieldtrip* di Kebun Raya Bogor pada tahun 2017, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Hutan Cifor pada tahun 2018 dan Praktik Umum Kehutanan (PUK) pada tahun 2018 di Kamojang, Sancang Timur dan Hutan Pendidikan Gunung Walat (HPGW) Sukabumi, Jawa Barat. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Tematik di Desa Banjaran, Kec. Bangsri, Kab. Jepara, Jawa Tengah pada tahun 2019. Penulis pernah aktif pada kepanitiaan Masa Pengenalan Kampus Mahasiswa Baru (MPKMB) 54.

Penulis mendapatkan Penghargaan Walikota Bogor dalam kontribusi menjadi pendamping Kampung Tematik yang diselenggarakan Bappeda Kota Bogor pada tahun 2017. Penulis pernah melakukan penelitian dan mendapat Juara III lomba dari dana hibah Tanoto Student Research Awards (TSRA) 2019. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) dibidang Gagasan Futuristik Konstruktif (GFK) yang lolos didanai pada tahun 2019. Pencapaian lainnya, penulis mendapat Juara II Lomba Karya Tulis Ilmiah Nasional PHINISI V 2019 yang diselenggarakan oleh Fakultas Peternakan Universitas Hassanudin, Makassar.

Untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Istitut Pertanian Bogor penulis menyelesaikan skripsi dengan judul Sifat Fisis Dan Mekanis Lamina Batang Kelapa Sawit Terfurfurilasi dibawah bimbingan Dr Ir Dede Hermawan, MSc dan Alm. Prof Dr Ir Muh.Yusram Massijaya.