

KARAKTERISTIK PAPAN PARTIKEL CAMPURAN SERBUK GERGAJIAN KAYU SENGON DAN KULIT BUAH KOPI DENGAN PEREKAT DEKSTRIN TEPUNG ONGGOK

(Characteristics of Particle Board Made from Sengon Wood Sawdust and Coffee Bean Bark using Cassava Flour Waste-based Dextrin Adhesive)

Nurannisa Syafitri^{1*}, Auliya Shafiah Zakhrah¹, Syifa Nur Annissa¹, Sutrisno², Eka Mulya Alamsyah¹, Tati Karliati¹, & Jamaludin Malik³

¹ Program Studi Teknologi Pasca Panen, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung

² Program Studi Rekayasa Kehutanan, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung

³ Pusat Standardisasi Instrumen Pengelolaan Hutan Berkelanjutan

*E-mail: nurannisas99@students.itb.ac.id

Diterima 15 September 2021, direvisi 27 Oktober 2021, disetujui 2 Maret

ABSTRACT

Waste from forest and agricultural products currently does not have good economic value, so the manufacture of particle board could be a solution. The objective of this research is to obtain the physical and mechanical characteristics of particle board from sengon wood sawdust and coffee bean bark using cassava flour waste-based dextrin adhesive. Dextrin was manufactured by spraying 5 mL of 5% HCl to 80 g cassava flour waste starch, then heated at 130°C for 3 hours. Particle board manufactured with target of density 0.6 g/cm³. To obtain the optimal composition of materials mixture, the particleboards were made with 4 compositions, based on the weight ratio between sengon wood sawdust and coffee fruit bark; 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, and 25%:75%. The dextrin adhesive used is 20% based on dry kiln weight of the particles and hot-pressing was conducted at a temperature of 185°C and pressured 20 kgf/cm² for 10 minutes. The physical properties test showed that the density 0.49–0.64 g/cm³, moisture content 7.89%–9.01%, water absorption 92.41–167.65%, and thickness swelling 11.31%–59.9%. Particle board with mixture composition of 25% sengon wood sawdust and 75% coffee fruit bark was fulfilled the physical properties: density, moisture content, and thickness swelling, while water absorption value did not specify in the JIS A 5908: 2003 standard. Mechanical properties test showed that the internal bond value was 0.02–0.03 N/mm² and resistance to screw withdrawal value was 46.4–144 N. Particle board with a mixture of 25% sengon wood sawdust and 75% coffee fruit bark has the optimum mechanical properties, however it did not meet the JIS A 5908: 2003 standard.

Keywords: Particle board, sengon sawdust, coffee bean, cassava flour waste, dextrin adhesive

ABSTRAK

Limbah hasil hutan dan pertanian saat ini belum memiliki nilai ekonomis yang baik maka pembuatan papan partikel bisa menjadi solusi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisis dan mekanis papan partikel dari campuran serbuk gergajian kayu sengon dan kulit buah kopi menggunakan perekat dekstrin dari pati tepung ongkok. Pembuatan dekstrin dilakukan dengan cara menyemprotkan asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 5% sebanyak 5 mL terhadap 80 g pati tepung ongkok, kemudian dioven pada suhu 130°C selama 3 jam. Selanjutnya, dilakukan pembuatan papan partikel dengan target kerapatan 0,6 g/cm³. Untuk mengetahui komposisi campuran bahan yang optimal, papan partikel dibuat dengan empat komposisi bahan campuran antara serbuk gergajian kayu sengon dengan kulit buah kopi dengan perbandingan berat: 100%:0%, 75%:25%, 50%:50% dan 25%:75%. Perekat dekstrin yang digunakan dalam pembuatan papan partikel sebanyak 20% dari berat kering tanur partikel dan dilakukan pengempaan pada suhu 185°C serta tekanan 20 kg/cm² selama 10 menit. Hasil pengujian sifat fisis menunjukkan bahwa nilai kerapatan 0,49–0,64 g/cm³, kadar air 7,89–9,01%, daya serap air 92,41–167,65% dan pengembangan tebal 11,91–59,90%. Papan partikel dengan komposisi campuran serbuk gergajian kayu sengon dan kulit buah kopi sebanyak 25%:75% telah memenuhi standar pengujian sifat fisis, meliputi: kerapatan, kadar air dan pengembangan tebal, sedangkan nilai daya serap air tidak dipersyaratkan di dalam Standar JIS A 5908: 2003. Hasil pengujian sifat mekanis menunjukkan bahwa nilai *internal bond* 0,02–0,03 N/mm² dan nilai kuat tarik pegang sekrup 46,4–144 N. Papan partikel dengan

komposisi campuran serbuk gergajian kayu sengon dan kulit buah kopi sebanyak 25%:75% memiliki sifat mekanis optimal, namun demikian tidak memenuhi standar JIS A 5908: 2003.

Kata kunci: Papan partikel, serbuk sengon, kulit buah kopi, tepung ongkok, perekat dekstrin

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan data jumlah produksi kayu bulat di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 55,52 juta m³ dan bersifat fluktuatif karena terjadi penurunan pada triwulan IV (BPS, 2018). Kekurangan produksi hasil hutan alam tersebut dapat disebabkan oleh ketidakseimbangan antara pemanfaatan kayu dengan pembangunan tegakan baru (reboisasi). Oleh karena itu, pengembangan teknologi hasil hutan pada pembuatan papan partikel dengan memanfaatkan limbah hasil hutan dan perkebunan seperti limbah serbuk gergajian dan kulit buah kopi dapat dijadikan solusi untuk mengurangi penggunaan kayu solid pada bidang industri pengolahan hasil hutan (Sari, 2021). Menurut data BPS, produksi kayu sengon pada tahun 2018 mencapai 3.651.479.49 m³, sementara itu menurut Sushardi dan Setyagama (2015) rendemen pada industri penggergajian berkisar 40–60%. Berdasarkan data BPS (2019), jumlah produksi kopi di Indonesia mencapai 741.657 ton. Limbah kulit buah kopi yang dihasilkan pada proses pengolahan memiliki proporsi yang cukup tinggi yaitu sekitar 40–45% (Juwita, Mustafa, & Tamrin, 2017). Potensi limbah serbuk gergajian dan kulit buah kopi ini membuka peluang pemanfaatan sebagai bahan baku pembuatan papan partikel.

Papan partikel merupakan produk komposit yang terbuat dari partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya dan direkatkan dengan perekat melalui proses pengempaan panas (Shmulsky & Jones, 2019). Jenis perekat yang umum digunakan pada industri kayu komposit adalah perekat sintetis seperti *urea formaldehyde* (perekat interior) dan *phenol formaldehyde* (perekat eksterior). Kelemahan perekat sintetis pada umumnya dapat menimbulkan emisi gas formaldehida yang dapat mengganggu kesehatan pada manusia (Surti, 2019). Untuk mengurangi gangguan kesehatan tersebut, perekat alami seperti dekstrin dapat dijadikan sebagai solusi dalam pembuatan papan partikel. Salah satu bahan baku potensial pembuatan dekstrin adalah tepung ongkok yang berbahan dasar singkong. Berdasarkan data BPS (2021), pada tahun 2015 produksi singkong di Indonesia mencapai 21.801.415 ton. Tepung ongkok merupakan produk turunan tepung kanji yang berbahan dasar umbi singkong (ketela pohon) dan potensi keberadaannya masih banyak di Indonesia (Afebrata, Santoso, & Suparmono, 2014).

Limbah kulit kopi merupakan limbah yang dapat dijadikan sumber serat karena memiliki kandungan serat sebesar 21% (Bekalo & Reinhardt, 2010). Kandungan kimia berupa senyawa aktif pada kopi adalah tanin sebanyak 1,8–8,56%, pektin 6,5%, dan kafein 1,3%. Kandungan kulit kopi terdiri dari kadar air 8,47–8,83%, kadar abu 5,6–11,88%, kadar lignin 21,95–35,9%, kadar serat kasar 30,15–36,98%, kadar hemiselulosa 2,5–11,65%, dan kadar selulosa 10,15–27,26% (Wardhana, Ruriani, & Nafi, 2019). Pemanfaatan limbah kopi ini sangat penting untuk diteliti dalam proses pembuatan papan partikel karena limbah kopi memiliki kandungan kimia yang hampir sama dengan kayu. Di masa depan limbah kopi tidak terbuang begitu saja namun dapat dijadikan bahan alternatif material terbarukan. Sengon memiliki kandungan kimia berupa selulosa sebanyak 49,4%, Hemiselulosa 24,1%, dan lignin 26,5% (Trisanti, Setiawan, Nur'aini, & Sumarno, 2015). Kandungan karbohidrat tepung ongkok mencapai 63–68% dan kadar air sebesar 20% (Letsoin, 2016). Hal ini menjadikan pati dengan kualitas daya rekat yang baik.

Oleh karena itu, dalam upaya menghasilkan produk papan partikel yang aman bagi kesehatan manusia dan ramah lingkungan, perlu dilakukan penelitian pembuatan papan partikel campuran serbuk gergajian kayu sengon dan kulit buah kopi dengan perekat dekstrin tepung ongkok. Tujuan penelitian ini untuk menentukan karakteristik dekstrin dan perekat dekstrin tepung ongkok serta sifat fisis dan mekanis papan partikel dengan perekat dekstrin tepung ongkok berdasarkan standar JIS A 5908: 2003, sehingga dapat dijadikan substitusi pada industri papan partikel yang ramah lingkungan.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi tepung ongkok, aquades, asam klorida (HCl), iodin, dan lugol untuk uji dekstrin, serbuk gergajian kayu sengon dari limbah penggergajian kayu sengon di sekitar Bandung dan kulit buah kopi dari petani kopi di daerah Pasir Impun, Ujung Berung, Bandung.

Alat yang digunakan meliputi jirigen ukuran 20 L, loyang, botol penyemprot, gelas kimia, gelas ukur, batang pengaduk, *hot plate*, timbangan, kipas angin, *blender*, sarung tangan, ember plastik, *forming box* (35 cm x 35 cm x 1 cm), *hot press*, kantong plastik ukuran 40 cm x 40 cm, *caliper* dan *circular saw*.

B. Metode

1. Pembuatan dan karakterisasi dekstrin

Pembuatan pati dilakukan dengan membasahi tepung onggok dengan air dingin (air kran). Selanjutnya, dilakukan pemerasan menggunakan kain saring untuk meminimalisir ampas tepung yang lolos saring. Pemerasan dilakukan per 100 g tepung onggok dan dilakukan pengulangan sebanyak 2–3 kali agar rendemen yang dihasilkan lebih banyak, kemudian didiamkan pada suhu kamar selama 12 jam sampai pati terdekantasi dengan baik. Pati hasil dekantasi (pengendapan) selanjutnya dikeringkan secara alami dengan cara dijemur di bawah sinar matahari. Setelah itu, pati disaring dengan saringan 80 mesh dan sudah siap untuk diolah lebih lanjut menjadi dekstrin. Keberadaan pati perlu diuji menggunakan lugol dan akan memberikan hasil berwarna ungu kehitaman (Pramesti, Siadi, & Cahyono, 2015).

Pembuatan dekstrin dilakukan dengan cara menyemprotkan asam klorida (HCl) 5% sebanyak 5 ml terhadap 80 g pati tepung onggok, kemudian dibiarkan pada suhu kamar selama 12 jam dan selanjutnya dipanaskan dengan oven pada suhu 130°C selama 3 jam. Setelah itu, dilakukan pendinginan pada suhu kamar dan pada tahap ini sudah dihasilkan tepung dekstrin berwarna putih kekuningan (Gambar 1a). Untuk mengetahui keberadaan dekstrin, perlu dilakukan pengujian tepung dekstrin dengan cara ditetesi dengan iodine dan jika memberikan hasil warna merah bata, maka dapat disimpulkan adanya keberadaan dekstrin (Sumaiyah, Wiliantari, & Karsono, 2018). Dekstrin selanjutnya dibuat menjadi perekat dengan cara mencampurkan tepung dekstrin dengan air dingin dengan perbandingan berat yang sama (1 : 1) (Gambar 1b). Selanjutnya terhadap perekat dekstrin perlu dilakukan pengujian kadar air, kadar padatan (*solid content*), pH, uji iodin, amilopektin, dan viskositas.

a) Kadar air

Contoh uji sebanyak 3 g ditimbang untuk memperoleh berat awal, kemudian dioven pada suhu 101–105°C hingga mencapai berat tetap. Contoh uji didinginkan di dalam desikator kemudian ditimbang berat kering tanurnya. Kadar air dapat dihitung dengan Rumus 1.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat kering tanur}}{\text{Berat kering tanur}} \times 100 \dots (1)$$

b) pH

Sampel sebanyak 3 g kemudian dicampur dengan air dingin sebanyak 10 mL selanjutnya dilakukan pengukuran menggunakan pH meter. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dan hasilnya dirata-ratakan.

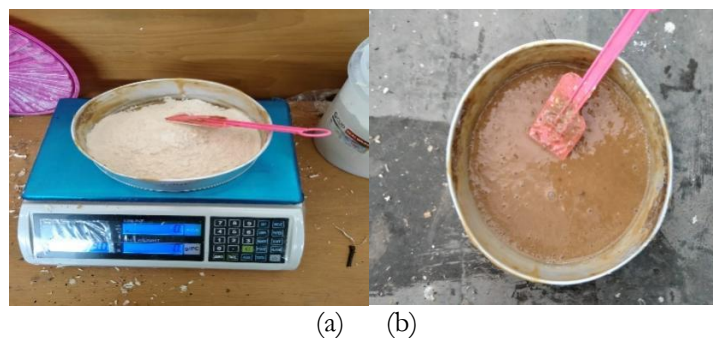
c) Kadar padatan

Sampel sebanyak 9 g dicampur dengan air dingin sebanyak 9 mL, selanjutnya dipindahkan ke 3 cawan dengan proporsi yang sama dan ditimbang beratnya. Selanjutnya cawan dipanaskan di dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam, kemudian ditimbang lagi beratnya. Perhitungan kadar padatan perekat dekstrin dilakukan dengan menggunakan Rumus 2.

$$\text{Kadar padatan (\%)} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100 \dots (2)$$

d) Uji iodin

Sampel sebanyak 3 g kemudian dipindahkan ke dalam 3 tabung reaksi dengan berat yang sama (masing-masing tabung reaksi 1 g). Kemudian dilarutkan dengan menggunakan air dingin sebanyak 10 mL. Setelah itu tabung reaksi ke-1 ditetesi dengan NaOH (basa), tabung reaksi ke-2 ditetesi dengan HCl (asam) dan tabung reaksi ke-3 ditetesi dengan air suling (netral). Setelah masing-masing tabung reaksi ditetesi dengan larutan basa, asam dan netral, kemudian ditetesi dengan iodin dan diaduk sampai rata. Perubahan warna yang terjadi dicatat.



Gambar 1. Dekstrin berwarna putih kekuningan (a) Perekat dekstrin berwarna coklat (b)
Figure 1. Yellowish white dextrin (a) and brown dextrin adhesive (b)

e) Amilopektin

Pengukuran amilopektin dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Nilai amilopektin akan didapatkan dari hasil perbandingan nilai amilum dan amilosa yang didapatkan. Dalam menghitung rasio kadar amilosa/amilopektin dilakukan dengan cara memisahkan amilosa dan amilopektin. Pemisahan dilakukan dengan menambahkan air panas dan dipanaskan selama 1,5 jam pada suhu 57°C. Hasil dari pemisahan dilakukan analisis kadar amilosa dengan metode spektrofotometri UV-Vis (Sumaiyah, Wilantari, & Karsono, 2018).

f) Viskositas

Viskositas cairan dapat diketahui dengan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh cairan tersebut untuk melewati 2 buah tanda, yaitu dari batas atas sampai batas bawah ketika cairan mengalir karena gravitasi melalui *Viscosimeter Oswald*. Rumus yang digunakan dengan Q sebagai viskositas, V sebagai volume, dan t adalah waktu alir seperti pada Rumus 3.

$$\text{Viskositas (Q)} = \frac{V}{t} = \frac{\pi R^4 P}{8 \eta L} \dots\dots\dots (3)$$

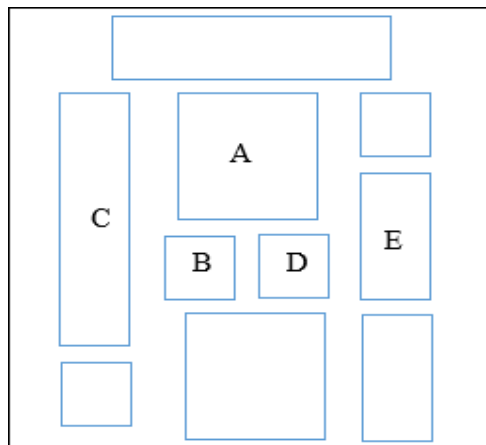
2. Persiapan partikel

Serbuk gergajian kayu sengon dan kulit buah kopi berukuran 10 mesh dikeringkan secara alami dengan cara dijemur di bawah sinar matahari sampai kadar

airnya mencapai 5–10%. Pengeringan dilakukan di dalam rumah kaca (*screen house*) di kampus ITB Jatininggor. Serbuk gergajian kayu sengon dan kulit buah kopi selanjutnya disaring dengan saringan ukuran 10 mesh, kemudian dibuat menjadi papan partikel dengan variasi komposisi campuran antara partikel serbuk gergajian kayu sengon dan kulit buah kopi (w/w): 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, dan 25%:75%. Kadar perekat dekstrin yang digunakan pada pembuatan papan partikel adalah 20% dari berat kering tanur partikel.

3. Pembuatan dan Pengujian Papan Partikel

Pembuatan papan partikel dilakukan dengan mencampurkan partikel dengan perekat dekstrin secara manual dengan konsentrasi perekat sebesar 20%. Kemudian dibentuk dengan *forming box* ukuran 35 cm x 35 cm x 1 cm, lalu dilakukan pengempaan panas suhu 185°C (titik leleh dekstrin) dan tekanan 20 kgf/cm² selama 10 menit, dengan target kerapatan 0,6 g/cm³. Papan partikel yang dihasilkan dikondisikan selama seminggu kemudian dilakukan pemotongan contoh uji untuk pengujian sifat fisis (kerapatan, kadar air, daya serap air dan pengembangan tebal) dan sifat mekanis (*internal bond* dan kuat tarik pegang sekrup). Cara pengambilan contoh uji dan ukuran contoh uji sifat fisis dan mekanis papan partikel berdasarkan JIS 5908 2003 dapat dilihat pada Gambar 2.



Keterangan (*Remarks*): A. Ukuran 10 cm x 10 cm untuk pengujian kerapatan dan kadar air (*size 10 cm x 10 cm for density and moisture test*); B. Ukuran 5 cm x 5 cm untuk pengujian daya serap air dan pengembangan tebal (*size 5 cm x 5 cm for testing water absorption and thickness development*); C. Ukuran 20 cm x 5 cm untuk pengujian MOE dan MOR (*size 20 cm x 5 cm for MOE and MOR testing*); D. Ukuran 5 cm x 5 cm untuk pengujian kuat rekat internal (*size 5 cm x 5 cm for internal bond testing*); E. Ukuran 10 cm x 5 cm untuk pengujian kuat pegang sekrup (*size 10 cm x 5 cm for screw withdrawal testing*)

Gambar 2. Cara pengambilan contoh uji sifat fisis dan mekanis papan partikel
Figure 2. Samples design of the physical and mechanical properties of particleboard

Prosedur pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

C. Sifat Fisis

1. Kerapatan

Contoh uji dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 1 cm ditimbang pada kondisi kering udara kemudian diukur panjang, lebar dan tebalnya pada dua titik pengukuran untuk mengetahui volumenya. Kerapatan dihitung dengan Rumus 4.

$$\text{Kerapatan (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{(Berat)}}{\text{(Volume)}} \dots\dots\dots (4)$$

2. Kadar Air

Contoh uji kerapatan dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 1 cm digunakan kembali untuk pengujian kadar air. Contoh uji ditimbang untuk memperoleh berat awal, selanjutnya dioven pada suhu 101–105°C hingga mencapai berat konstan. Contoh uji didinginkan di dalam desikator, kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering tanurnya. Kadar air dapat dihitung dengan rumus seperti tercantum pada Rumus 1.

3. Daya Serap Air

Contoh uji berukuran 5 cm x 5 cm x 1 cm ditimbang berat awalnya (B₁), kemudian direndam dengan air dingin pada suhu kamar selama 24 jam, lalu ditiriskan dan ditimbang berat akhirnya (B₂). Nilai Daya Serap Air (DSA) dihitung dengan Rumus 5.

$$\text{DSA (\%)} = \frac{\text{B}_2 - \text{B}_1}{\text{B}_1} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

4. Pengembangan Tebal

Contoh uji berukuran 5 cm x 5 cm x 1 cm yang digunakan pada pengujian daya serap air digunakan pada pengujian pengembangan tebal. Sebelum direndam di dalam air, terlebih dahulu contoh uji diukur ketebalannya (t₁), kemudian contoh uji direndam di dalam air dingin pada suhu kamar selama 24 jam dan diukur kembali tebalnya (t₂). Pengembangan tebal (PT) dihitung dengan Rumus 6.

$$\text{PT (\%)} = \frac{\text{t}_2 - \text{t}_1}{\text{t}_1} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

D. Sifat Mekanis

1. Keteguhan rekat internal

Contoh uji berukuran 5 cm x 5 cm x 1 cm diukur panjang dan lebarnya untuk mengetahui luas permukaannya (A). Selanjutnya dua buah balok baja berukuran 5 cm x 5 cm direkatkan pada contoh uji dengan menggunakan perekat *epoxy* dan dibiarkan sampai kering. Contoh uji diletakkan pada mesin uji, kemudian balok baja ditarik tegak lurus permukaan contoh uji sampai dihasilkan beban maksimum (P).

Keteguhan rekat internal (*internal bond*, IB) dihitung menggunakan Rumus 7.

$$\text{IB} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) = \frac{\text{P}}{\text{A}} \dots\dots\dots (7)$$

2. Kuat tarik pegang sekrup

Sekrup berdiameter 2,7 mm dan panjang 16 mm dimasukkan pada permukaan contoh uji berukuran 10 cm x 5 cm x 1 cm sampai mencapai kedalaman 8 mm. Contoh uji diapit pada bagian sisi sebelah kiri dan kanan, kemudian ditarik sampai mencapai beban maksimum (sekrup tercabut). Besaran beban maksimum kuat tarik pegang sekrup dinyatakan dalam satuan newton (N).

E. Pengolahan dan Analisis Data

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental di laboratorium, sehingga bersifat kuantitatif. Hasil kuantitatif diperoleh dari hasil karakterisasi dekstrin dan perekat dekstrin serta pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel. Variasi komposisi campuran partikel serbuk gergajian kayu sengon dan kulit buah kopi sebagai berikut (w/w): 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, dan 25%:75%, dengan tiga kali ulangan, sehingga dibutuhkan 12 papan untuk setiap pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel, sedangkan analisis data dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan untuk perlakuan yang berbeda nyata dilakukan uji lanjut dengan uji Duncan (Muhandi, Risnasari, & Putri, 2013).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Dekstrin

Hasil pengujian dekstrin menunjukkan nilai kadar air yang relatif rendah yaitu sebesar 3 ± 0,935% dan telah memenuhi standar SNI 01-2593-1992. Hasil ini dipengaruhi oleh jumlah kadar air yang terus berkurang selama proses pembuatan dekstrin seperti penjemuran pada tahap pembuatan pati dan pemanasan dengan oven pada proses hidrolisis pati (Supriyatna, 2012). Setelah contoh dekstrin ditetesi iodine, warna larutan menjadi cokelat kemerahan yang menunjukkan keberadaan dekstrin di dalam contoh dan hal tersebut sudah sesuai dengan penelitian Sumaiyah, Wiliantari, & Karsono (2018). Rendemen yang dihasilkan pada proses pembuatan pati dan dekstrin berturut-turut 33% dan 71,13%. Nilai rendemen yang relatif tinggi tersebut antara lain dipengaruhi oleh metode pembuatan pati yang digunakan yaitu metode dekantasi (Pramessti, Siadi, & Cahyono 2015). Nilai pH perekat dekstrin yang

Tabel 1. Hasil penelitian dekstrin
Table 1. Dextrin research results

No.	Variabel kualitas (Quality variable)	SNI 01-2593-1992	Dekstrin tepung onggok (Cassava flour dextrin)
1.	Warna	Putih kekuningan	Putih kekuningan
2.	Warna dengan larutan lugol	Ungu kecokelatan	Ungu kecokelatan
3.	Warna dengan larutan iodine	-	Coklat kemerahan
4.	Kehalusan setara 80 mesh (%)	Min. 90 (pass)	> 90
5.	Kadar air (%)	Maks. 11	3
6.	Kadar abu (%)	Maks. 0,5	-
7.	Kelarutan dalam air dingin (%)	Min. 97	> 97
8.	Dextrose equivalent	-	-
9.	Melting point (°C)	-	185

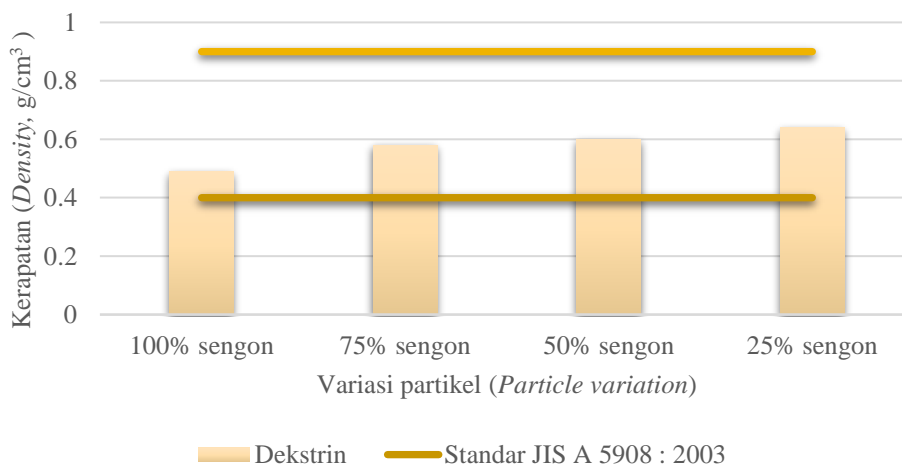
diperoleh adalah 2,56 yang menunjukkan bahwa dekstrin bersifat asam. Terbentuknya asam tersebut sebagai hasil dari interaksi ion H⁺ yang dimiliki oleh katalis pada proses pembuatan dekstrin yaitu asam klorida (HCl) (Sumaiyah, Wiliantari, & Karsono, 2018). Selain itu, didapatkan pula hasil pengujian pati dekstrin adalah 17,19% dengan kadar amilosa sebesar 1,6% dan kadar amilopektin sebesar 15,59%. Berikut merupakan hasil penelitian dekstrin berdasarkan SNI 01-2593-1992 (Tabel 1).

Kadar padatan perekat dekstrin yang diperoleh pada penelitian adalah 49% dan nilai viskositas 3692 cPs. Nilai tersebut berada di bawah kisaran kadar padatan perekat sintetis, khususnya UF berdasarkan standar SNI 06-4565-1998 yang nilainya minimal berada di 61–67% dan hal tersebut diperkuat oleh hasil penelitian Nuryawan, Sucipto, Iswanto, Dewi (2017).

B. Sifat Fisis

1. Kerapatan

Kerapatan papan partikel 100% sengon adalah 0,49 g/cm³; 75% sengon adalah 0,58 g/cm³; 50% sengon adalah 0,6 g/cm³; dan 25% sengon adalah 0,49 g/cm³ (Gambar 3) dan secara umum nilainya masih di bawah kerapatan target yaitu 0,6 g/cm³. Nilai kerapatan tertinggi terdapat pada papan partikel dengan komposisi campuran serbuk gergajian kayu sengon 25% dan kulit buah kopi 75%, sedangkan terendah pada komposisi 100% serbuk gergajian kayu sengon. Pada penelitian ini dilakukan variasi komposisi serbuk gergajian kayu sengon dan kulit buah kopi. Nilai kerapatan papan partikel berdasarkan Standar JIS A 2908: 2003 berkisar 0,4-0,9 g/cm³ dan berdasarkan nilai tersebut, seluruh papan partikel yang dibuat sudah memenuhi standar.



Gambar 3. Kerapatan papan partikel
Figure 3. Particleboard density

Tabel 2. Hasil uji statistika nilai kerapatan papan partikel
Table 2. Result of statistical test of particleboard density value

Komponen (Component)	Hasil kerapatan sampel (<i>Sample density result</i>)				
	100% Sengon +dekstrin	75% Sengon +dekstrin	50% Sengon +dekstrin	25% Sengon +dekstrin	100% Sengon +UF
Kerapatan (<i>Density</i> , g/cm ³)	0,49 ± 0,024 ^a	0,58 ± 0,034 ^b	0,6 ± 0,033 ^b	0,64 ± 0,038 ^c	0,52 ± 0,015 ^a

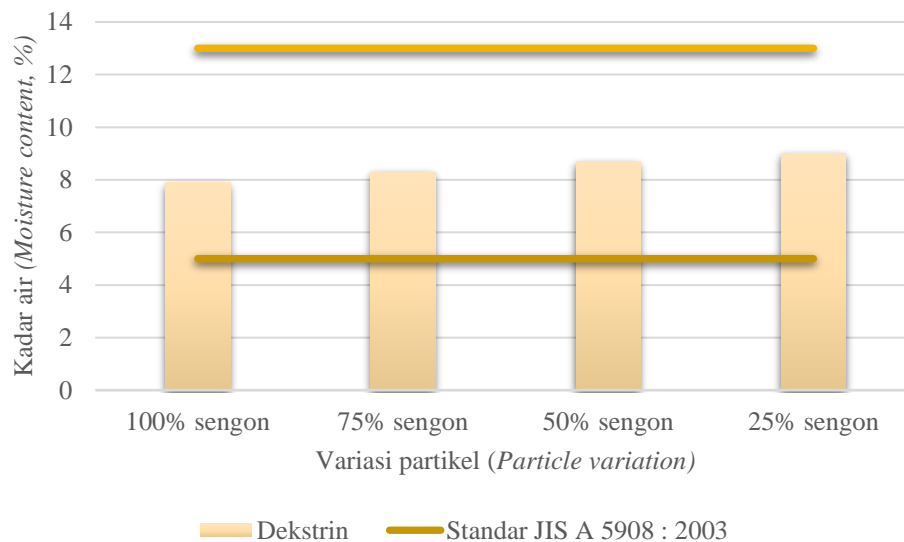
Keterangan (*Remarks*): Notasi dengan lambang huruf yang sama menunjukkan hasil tidak berpengaruh nyata pada taraf kepercayaan 5% (*Notation with the same letter symbol shows the results have no significant effect at the 5% confidence level*)

Perbedaan target kerapatan dengan hasil papan partikel yang dibuat dapat disebabkan karena banyaknya partikel yang terbang selama proses pembuatan papan partikel, hal ini didukung dengan pernyataan Bufalino, Albino, desa, correa, mendes, almeida. (2012) bahwa pembuatan papan partikel dalam laboratorium dapat menyebabkan perbedaan antara kerapatan target dengan kerapatan sesungguhnya yang disebabkan oleh kehilangan partikel pada keseluruhan proses pembuatan papan partikel yang dilakukan. Pada penelitian ini proses yang menyebabkan kehilangan tersebut adalah proses pengempaan dan pemotongan sampel. Selain itu, nilai kerapatan diduga dapat dipengaruhi oleh kadar air dan kerapatan bahan baku, proses perekatan dan besarnya tekanan kempa. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Hakim, Herawati, dan Wistara (2011), bahwa nilai kadar air papan partikel, proses perekatan yang menggunakan alat bantu ataupun manual dan proses

pengempaan dapat mempengaruhi tingkat kerapatan papan. Berdasarkan penelitian Kooskurniasari (2014), kerapatan bahan baku sengon cukup rendah yaitu 0,33 g/cm³. Hasil analisis keragaman pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan variasi komposisi partikel berpengaruh terhadap kerapatan papan partikel.

2. Kadar Air

Kadar air papan partikel berkisar 7,89–9,01% (Gambar 4) dan seluruh perlakuan masih memenuhi Standar JIS A 2908: 2003 (maksimum 13%). Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa kadar air papan partikel cenderung meningkat seiring dengan penambahan komposisi kulit buah kopi. Kadar air papan partikel dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kadar air dan kerapatan bahan baku partikel serta jenis perekat yang digunakan.



Gambar 4. Kadar air papan partikel
Figure 4. Particleboard moisture content

Tabel 4. Hasil uji statistika nilai daya serap air papan partikel
Table 4. Result of statistical test of particleboard water absorption value

Komponen (Component)	Hasil daya serap air sampel (Results of sample water absorption)				
	100% Sengon +dekstrin	75% Sengon +dekstrin	50% Sengon +dekstrin	25% Sengon +dekstrin	100% Sengon +UF
Daya serap air (Water absorption, %)	59,98 ± 15,31 ^d	44,02 ± 8,278 ^c	21,99 ± 2,189 ^b	11,91 ± 1,128 ^{ab}	3,26 ± 0,491 ^a

Keterangan (Remarks): Notasi dengan lambang huruf yang sama menunjukkan hasil tidak berpengaruh nyata pada taraf kepercayaan 5% (Notation with the same letter symbol shows the results have no significant effect at the 5% confidence level)

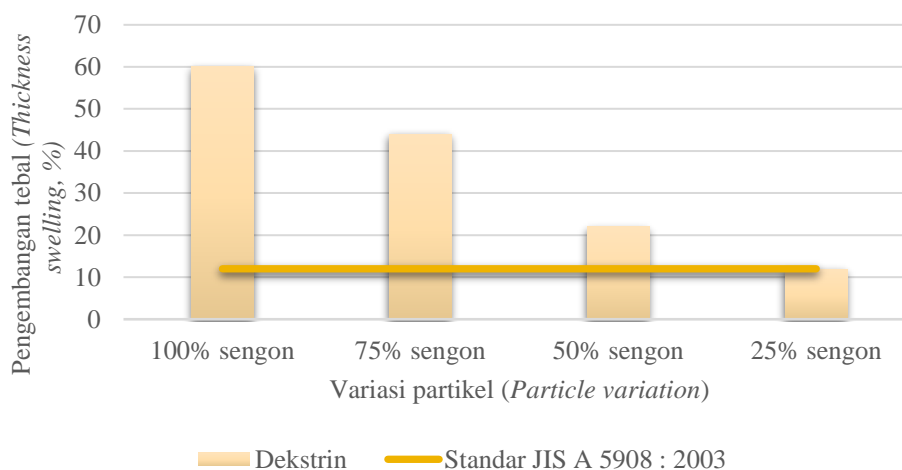
Setelah dilakukan perendaman di dalam air dingin selama 24 jam, terlihat bahwa daya serap air papan partikel meningkat seiring dengan penambahan serbuk gergajian kayu sengon. Hal ini diduga karena sengon memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu sebanyak 49,4%, hemiselulosa 24,1%, dan lignin 26,5% (Trisanti, Setiawan, Nur'aini, & Sumarno, 2015). Papan partikel dengan proporsi bahan baku dari serbuk gergajian kayu sengon yang tinggi memiliki daya serap air yang relatif tinggi. Hal tersebut disebabkan karena kayu sengon memiliki kandungan selulosa dan lignin yang relatif tinggi (Wulandari, Asri, & Faryuni 2012) sehingga mudah melepaskan maupun menyerap uap air. Berdasarkan Trisanti, Setiawan, Nur'aini, dan Sumarno (2015) kadar selulosa diperkirakan berada di kisaran 49,4% dan lignin sebanyak 26,5%.

Proses pembuatan papan partikel-pun dapat mempengaruhi daya serap airnya, beberapa hal yang mempengaruhi adalah suhu dan waktu pengempaan. Suhu dan waktu pengempaan berbanding terbalik dengan daya serap air, semakin tinggi suhu dan waktu pengempaan dapat menurunkan daya serap air begitupun sebaliknya. Hal ini disebabkan pada saat

pengempaan dengan waktu yang lama, maka rongga antar partikel akan semakin sedikit, namun jika pengempaan dilakukan dengan waktu yang singkat, rongga pada papan partikel akan menjadi lebih banyak (Siregar, Hartono, Sucipto, & Iswanto, 2015). Hasil analisis ragam Tabel 4 menunjukkan bahwa variasi komposisi campuran partikel mempengaruhi daya serap air papan partikel.

4. Pengembangan Tebal

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi serbuk gergajian kayu sengon, maka pengembangan tebal menjadi semakin tinggi dan hal ini sejalan dengan daya serap air. Papan partikel dengan komposisi 100% serbuk gergajian sengon memiliki pengembangan tebal yang sangat tinggi yaitu 59,98% dan tidak memenuhi standar JIS A 5098: 2003. Tingginya daya serap air tersebut diduga karena jumlah komponen selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi dapat menyebabkan partikel serbuk gergajian kayu sengon menyerap air lebih banyak sebagai akibat dari gugus hidroksil bebas yang menimbulkan afinitas terhadap air cukup tinggi



Gambar 6. Pengembangan tebal papan partikel
Figure 6. Particleboard's thickness swelling

(Hermawan et al., 2019). Berdasarkan Trisanti, Setiawan, Nur'aini, dan Sumarno, (2015) kadar selulosa yang cukup tinggi diperkirakan berada di kisaran 49,4% dan lignin sebanyak 26,5%. Akibat dari kemampuan penyerapan air yang relatif tinggi, ikatan pada papan partikel menjadi lemah kemudian rongga dan dinding sel kembali mengalami penebalan. Berdasarkan hasil analisis statistik pada Tabel 5 bahwa seluruh komposisi serbuk gergajian sengon memberikan pengaruh yang nyata terhadap pengembangan tebal papan partikel. Pengembangan tebal papan partikel yang memenuhi standar JIS A 5098: 2003 adalah papan partikel dengan komposisi campuran 25% serbuk gergajian kayu sengon dan 75% kulit buah kopi.

C. Sifat Mekanis

1. Kekuatan rekat internal

Kekuatan rekat internal (*internal bond*, IB) merupakan salah satu sifat mekanis yang dapat

menunjukkan keterikatan bahan baku papan partikel dengan perekat yang digunakan. Kekuatan rekat internal cenderung meningkat seiring dengan semakin meningkatnya komposisi partikel kulit buah kopi dan nilainya berkisar 0,02–0,03 N/mm² (Gambar 7). Hal tersebut dapat terjadi ketika ada bahan baku yang bersifat sebagai bahan penguat contohnya seperti kulit buah kopi (Shmulsky & Jones, 2019). Nilai tersebut belum memenuhi standar JIS A 5908: 2003 yaitu sebesar 0,15 N/mm².

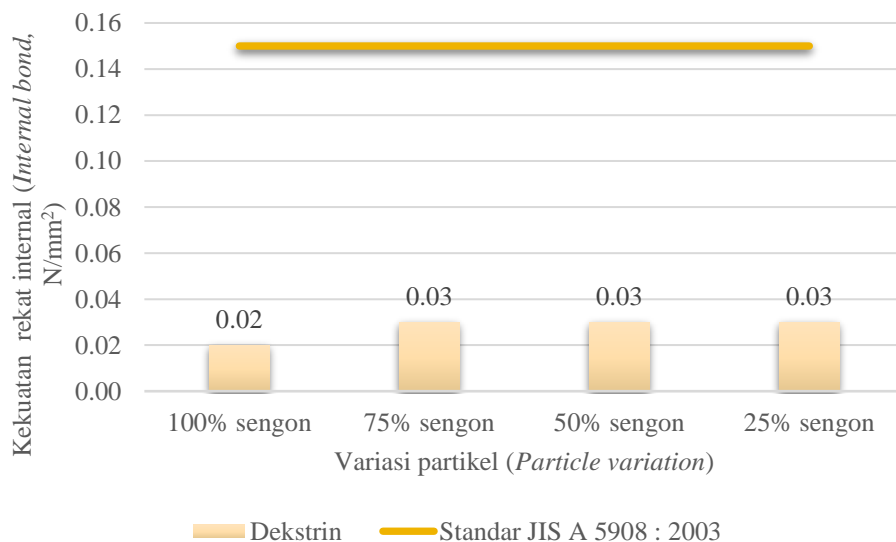
Papan partikel yang memiliki *internal bond* rendah biasanya akan lebih mudah belah dan pecah. Faktor yang mempengaruhi kekuatan rekat internal meliputi bahan baku partikel, jenis perekat dan proses pembuatan papan partikel. Hasil analisis keragaman pada tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan variasi komposisi campuran partikel tidak berpengaruh nyata terhadap internal bond papan partikel.

Tabel 5. Hasil uji statistika nilai pengembangan tebal papan partikel

Table 5. Result of statistical test of particleboard thickness swelling value

Komponen (Component)	Hasil pengembangan tebal sampel (Results of sample thickness swelling)				
	100% Sengon +dekstrin	75% Sengon +dekstrin	50% Sengon +dekstrin	25% Sengon +dekstrin	100% Sengon +UF
Pengembangan Tebal (<i>Thickness swelling</i> , %)	167,65 ± 12,832 ^d	116,50 ± 13,511 ^c	104,79 ± 12,707 ^{bc}	92,41 ± 13,671 ^{ab}	80,35 ± 3,545 ^a

Keterangan (Remarks): Notasi dengan lambang huruf yang sama menunjukkan hasil tidak berpengaruh nyata pada taraf kepercayaan 5% (Notation with the same letter symbol shows the results have no significant effect at the 5% confidence level)



Gambar 7. Kekuatan rekat internal papan partikel
Figure 7. Particleboard's internal bond

Tabel 6. Hasil uji statistika nilai kekuatan rekat internal papan partikel
Table 6. Result of statistical test of particleboard internal bond value

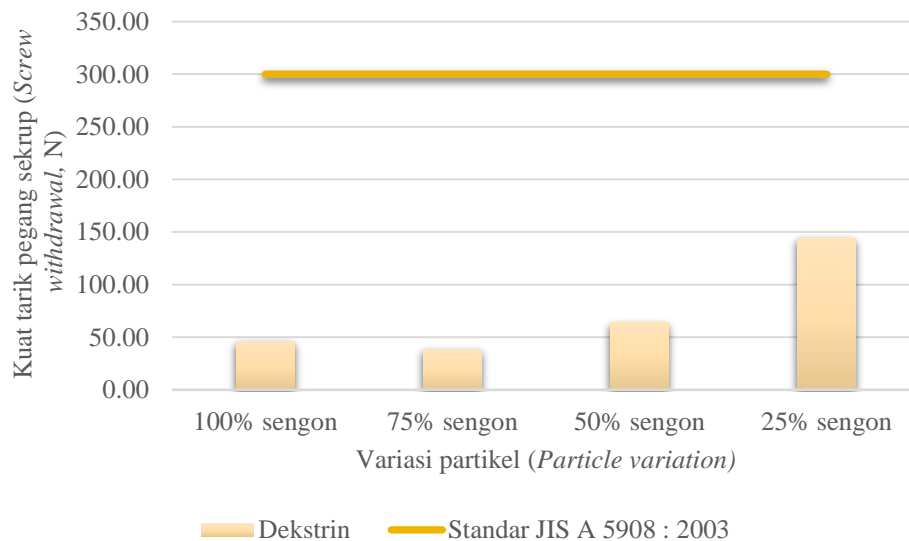
Komponen (Component)	Hasil kekuatan rekat internal sampel (Results of sample internal bond)				
	100% Sengon +dekstrin	75% Sengon +dekstrin	50% Sengon +dekstrin	25% Sengon +dekstrin	100% Sengon +UF
Kekuatan Rekat Internal (Internal bond, N/mm ²)	0,02 ± 0,006 ^a	0,03 ^a	0,03 ± 0,019 ^a	0,03 ± 0,038 ^{aa}	0,61 ± 0.157 ^b

Keterangan (Remark.): Notasi dengan lambang huruf yang sama menunjukkan hasil tidak berpengaruh nyata pada taraf kepercayaan 5% (Notation with the same letter symbol shows the results have no significant effect at the 5% confidence level)

2. Kekuatan tarik pegang sekrup

Kekuatan tarik pegang sekrup papan partikel dengan komposisi serbuk gergajian kayu sengon 100%, 75%, 50%, dan 25% berturut-turut adalah 46,4 N; 38,63 N; 63,68 N dan 144 N. Nilai tersebut cenderung meningkat dengan semakin tingginya komposisi kulit buah kopi (Gambar 8). Kandungan kimia berupa senyawa aktif pada kopi adalah sebagai berikut tanin sebanyak 1,8–8,56%, pektin 6,5%, dan kafein 1,3%. Kandungan kulit kopi terdiri dari kadar air 8,47–8,83%, kadar abu 5,6%-11,88%, kadar lignin 21,95–35,9%, kadar serat kasar 30,15–36,98%, kadar hemiselulosa 2,5–11,65%, dan kadar selulosa 10,15–27,26% (Wardhana, Ruriani, & Nafi, 2019). Berdasarkan hal tersebut dapat diduga bahwa kandungan serat dan kandungan lainnya dapat mempengaruhi kekuatan mekanis papan partikel.

Kekuatan tarik pegang sekrup tertinggi diperoleh pada komposisi 25% serbuk gergajian kayu sengon, namun nilainya belum memenuhi standar JIS A 5908 (2003). Nilai kekuatan tarik pegang sekrup berkorelasi positif dengan kekuatan rekat internal. Papan partikel yang baik adalah papan partikel yang mengandung semakin banyak bahan baku yang memiliki peran sebagai penguat seperti kulit buah kopi, limbah kayu gmelina, dan limbah kayu meranti untuk mengurangi rongga pada papan partikel. Rongga yang semakin terisi akan menyebabkan ikatan antar bahan penyusun semakin lebih kuat (Wulandari et al., 2020). Hasil analisis keragaman pada Tabel 7 menunjukkan bahwa seluruh perlakuan variasi komposisi campuran partikel berpengaruh nyata terhadap nilai kekuatan tarik pegang sekrup papan partikel.



Gambar 8. Kekuatan tarik pegang sekrup papan partikel
Figure 8. Particleboard screw withdrawal

Tabel 7. Hasil uji statistika nilai kekuatan tarik pegang sekrup papan partikel
Table 7. Result of statistical test of particleboard screw withdrawal value

Komponen (<i>Component</i>)	Hasil kekuatan tarik pegang sekrup sampel (<i>Results of sample screw withdrawal</i>)				
	100% Sengon +dekstrin	75% Sengon +dekstrin	50% Sengon +dekstrin	25% Sengon +dekstrin	100% Sengon +UF
Kuat tarik pegang sekrup (<i>Screw withdrawal, N</i>)	46,4 ± 32,936 ^a	38,64 ± 12,565 ^a	63,68 ± 19,071 ^{ab}	144 ± 43,543 ^b	317 ± 117,909 ^c

Keterangan (*Remark*): Notasi dengan lambang huruf yang sama menunjukkan hasil tidak berpengaruh nyata pada taraf kepercayaan 5% (*Notation with the same letter symbol shows the results have no significant effect at the 5% confidence level*)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Karakteristik dekstrin hasil penelitian ini telah memenuhi standar SNI 01-2593-1992 dengan nilai kadar air 3% dan amilopektin 15,592%. Berwarna cokelat kemerahan ketika ditetesi dengan iodin. Kadar padatan perekat dekstrin yang diperoleh adalah 49% dengan nilai pH 2,56 dan nilai viskositas 3692 cPs. Sifat fisis papan partikel pada seluruh perlakuan komposisi campuran partikel telah memenuhi standar JIS A 5908: 2003 untuk nilai kerapatan (0,49–0,64 g/cm³) dan kadar air (7,89–9,01%), sedangkan nilai pengembangan tebal papan partikel yang memenuhi standar tersebut adalah komposisi 25% serbuk gergajian kayu sengon dan 75% kulit buah kopi (11,91%). Sifat mekanis papan partikel terbaik diperoleh pada komposisi campuran 25% serbuk gergajian kayu sengon dan 75% kulit buah kopi, dengan nilai kekuatan rekat internal (0,03 N/mm²) dan kekuatan tarik pegang sekrup (144 N), namun demikian nilai tersebut belum memenuhi standar JIS A 5908: 2003.

B. Saran

Dalam upaya peningkatan kinerja perekat dekstrin dapat dilakukan perlakuan variasi kadar padatan dan penambahan perekat sintesis lainnya. Untuk memperbaiki karakteristik papan partikel, perlu dilakukan penelitian lanjutan berupa penggunaan variasi tekanan dan suhu kempa. Papan partikel campuran serbuk gergajian kayu sengon dan kulit buah kopi dengan perekat dekstrin hasil penelitian ini sebaiknya digunakan untuk penggunaan produk bukan struktural seperti bahan pengemas produk pangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Bandung yang telah memberikan bantuan dana penelitian melalui Program Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat dan Inovasi (P2MI) Tahun Anggaran 2021.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain, dan rancangan percobaan dilakukan oleh NS, SNA dan ASZ; percobaan dan perlakuan pengujian dilakukan oleh NS; pengumpulan data sifat fisis dan analisis data dilakukan oleh NS; Pengumpulan data sifat mekanis dilakukan oleh JM; penulisan manuskrip oleh NS, SNA dan ASZ; perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh S, EMA, TK dan JM.

DAFTAR PUSTAKA

- Afebrata, D., Santoso, L., & Suparmono. (2014). Substitusi tepung onggok singkong sebagai bahan baku pakan pada budidaya nila (*Oreochromis niloticus*). *E-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, 2(2), 233-240.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Statistik produksi kebutuhan*. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik kopi Indonesia*. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Badan Pusat Statistika. (2021). Tabel dinamis. Diakses dari <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/880> pada Juli, 2021
- Bufalino, L., Albino, V.C.S., de Sá, V.A., Corrêa, A.A.R., Mendes, L.M.K., & Almeida, N.A. (2012). *Journal of Tropical Forest Science*, 24 (2), 162-172.
- Hakim, L., Herawati, E., & Wistara, N. (2011). Papan serat berkerapatan sedang berbahan baku sludge terasetilasi dari industri kertas. *Jurnal Makara Teknologi*, 15(2), 123-130.
- Hosseinpourpia, R., Adamopoulos, S., Mai, C., Taghiyari, H.R. (2019). Properties of medium-density fiberboards bonded with dextrin-based wood adhesive. *Wood Research*, 64(2), 185-194.
- Hermawan, D., Agustina, A., & Suparno, O.I. A. K. (2015). Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari cangkang buah jarak pagar. *Journal of Agroindustrial Technology*, 25(3), 272 - 292.
- Juwita, A., Mustafa, A., & Tamrin, R. (2017). Studi pemanfaatan kulit kopi arabika (*Coffea arabica* L.) sebagai mikro organisme lokal (MOL). *Agrointek*, 11(1), 1-8.

- Kooskurniasari, W. (2014). Pemanfaatan serbuk gergaji kayu sengon (*Albizia chinensis*) sebagai sorben minyak mentah dengan aktivasi kombinasi fisik. (*Skripsi Sarjana*). Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Fakultas Sains dan Teknologi, Jakarta.
- Letsoin, D. (2016). Pengaruh perbedaan komposisi pakan tepung onggok singkong terfermentasi *Rhizopus oryzae* terhadap pertumbuhan berat ikan bawal (*Colossoma macropomum*) pada media akuarium.. (*Skripsi Sarjana*). Universitas Sanata Dharma, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Yogyakarta.
- Mikael, I., Hartono, R., & Sucipto, T. (2014). Kualitas papan partikel dari campuran ampas tebu dan partikel mahoni dengan berbagai variasi kadar perekat phenol formaldehida. *Jurnal Kehutanan USU*, 5(2), 1-8.
- Muhdi, Risnasari, I., & Putri, L. (2013). Studi pembuatan papan partikel dari limbah permanen kayu akasia (*Acacia mangium* L.). *Bionatura Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati dan Fisik*, 15(1), 14-19.
- Nuryawan, A. I. R., Sucipto, T., Iswanto, A., & Dewi, R. (2017). Urea-formaldehyde resins: Production, application, and testing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 223(012053), 1-10.
- Nuryawan, A., Ridwansyah, Alamsyah, E., & Widyorini, R. (2020). Starch based adhesives made from durian seed through dextrinization. *Journal of Physics, Conference Series*, 1542(012021), 1-7.
- Pramesti, H., Siadi, K., & Cahyono, E. (2015). Analisis rasio kadar amilosa/amilopektin dalam amilum dari beberapa jenis umbi. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(1), 26-30.
- Ruhendi, S., Koroh D. S., Syahmani F., Yanti H., Nurhaida, Saad S., & Sucipto T. (2007). *Analisis perekatan kayu*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sari, R. (2021). Pengaruh suhu dan lama pengempaan terhadap papan partikel dari bambu dengan perekat kitosan. (*Skripsi Sarjana*). Universitas Hasanuddin, Fakultas Kehutanan, Makassar.
- Shmulsky, R., & Jones, P. (2019). *Forest products and wood science: An introduction, (Seventh Edition)*. United States America: John Wiley & Sons Ltd.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (1992). *Dekstrin industry pangan* (SNI 01 2593-1992). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (1998). *Urea formaldehida cair untuk perekat papan partikel* (SNI 06-4565-1998). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Siregar S.H., Hartono R., Sucipto T., & Iswanto A.H. (2015). Variasi suhu dan waktu pengempaan terhadap kualitas papan partikel dari limbah batang kelapa sawit dengan perekat phenol formaldehida. (*Skripsi Sarjana*). Universitas Sumatera Utara, Fakultas Pertanian, Medan.
- Sumaiyah, Wiliantari, S., & Karsono. (2018). Preparation and characterization of dextrin obtained from *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott starch with acid catalyst and enzymatic methods. *Indonesian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 1(2), 47-53.
- Supriyatna, N. (2012). Produksi dekstrin dari ubi jalar asal pontianak secara enzimatik. *Biopropal Industri*, 3(0), 51-56.
- Surti. (2019). Perbandingan karakteristik perekat kayu dekstrin dari pati biji durian, pati sagu, dan pati singkong (*Skripsi Sarjana*). Universitas Sumatera Utara, Fakultas Kehutanan, Medan.
- Surhardi, Setyagama, E. (2015). Pemanfaatan limbah plastik dan serbuk gergaji sengon untuk pembuatan papan komposit. *The 2nd University Research Coloquium 2015*. Yogyakarta.
- Trisanti, P., Setiawan, S., Nura'ini, E., & Sumarno. (2015). Ekstrasi selulosa dari serbuk gergaji kayu sengon melalui proses delignifikasi alkali ultrasonik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(3), 113-119.
- Wulandari, F.T. (2012). Deskripsi sifat fisika dan mekanika papan partikel tangkai daun nipah (*Nypa fruticans* Wurmb.) batang bengle (*Zingiber cassumunar* Roxb.). *Media Bina Ilmiah*, 6(6), 10-6.
- Wulandari, T., Asri, A., & Faryuni, I. (2020). Sifat fisis dan mekanis papan partikel limbah kulit buah kakao berpenguat batang kayu jabon. *Prisma Fisika*, 8(1), 33-39.