JURNAL Penelitian Hasil Hutan Vol. 38 No. 3, November 2020: 139-150
p-ISSN: 0216-4329
e-ISSN: 2442-8957
Terakreditasi Peringkat 2, No: 21/E/KPT/2018

KARAKTERISTIK PAPAN PARTIKEL CAMPURAN LIMBAH KAYU SENGON DAN BAGAS SORGUM MENGGUNAKAN PEREKAT ASAM SITRAT

(Characteristics of Particleboard Made from Mixed Waste Sengon and Sorghum Bagasse Bonded with Citric Acid Adhesive)

Jajang Sutiawan[1], Suci Mardhatillah[1], Dede Hermawan[1*], Firda A Syamani[2], Subyakto[2], & Sukma S Kusumah[2]

[1]Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB
Jl. Ulin, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Telp. (0251) 8621285, Faks. (0251) 8621285
[2]Pusat Penelitian Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Raya Bogor Km. 46, Cibinong, 16911, Telp. (021) 87914509, Faks. (021) 87914510
*Email: mr.dede.hermawan@gmail.com

Diterima 30 Januari 2020, direvisi 18 April 2020, disetujui 12 Agustus 2020

ABSTRACT

Waste of sengon wood could be used as an alternative material in the manufacture of particleboards. However, particleboards made from sengon has seome inferior physical and mechanical properties, which did not meet the Japanese standard (JIS A 5908: 2003). The aim of this research is to improve the physical and mechanical properties of sengon particleboard using sorghum bagasse in various raw material composition using citric acid adhesives. Citric acid was used as a binding agent with 20% adhesive content based on the weight of the air-dried particle. Composition of fiber mixtures between sengon and bagasse sorghum were set in 100:0, 75:25, 50:50, and 25:75 wt.%. The targetted density of particleboard was set at 0.80 g/cm^3. The hot-pressing conditions of particleboard manufacturing were 200°C for 10 min. The physical and mechanical properties of the particleboards were evaluated according to JIS A 5908: 2003 standard. The results showed that the density, moisture content, thickness swelling, modulus of elasticity, modulus of rupture and internal bond met the requirements of the JIS A 5908-2003 standard. Thus, the additional of bagasse sorghum becomes an alternative way to enhance the physical and mechanical properties of sengon particleboard. The addition 75% bagasse sorghum had better moisture content, water absorption, thickness swelling, modulus of elasticity, and modulus of rupture of particleboard.

Keywords: Citric acid, particleboard, sorghum bagasse, waste sengon

ABSTRAK

Limbah sengon dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan papan partikel. Namun demikian, papan partikel dari sengon memiliki beberapa kekurangan yaitu memiliki sifat fisis dan mekanis yang belum memenuhi standar Jepang (JIS A 5908:2003). Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis papan partikel sengon dengan penambahan bagas sorgum pada berbagai komposisi bahan baku menggunakan perekat asam sitrat. Perekat yang digunakan adalah asam sitrat dengan kadar perekat 20% terhadap berat kering partikel. Komposisi campuran sengon dan bagas sorgum adalah 100:0, 75:25, 50:50, dan 25:75 (% g/g). Target kerapatan papan partikel yang diproduksi adalah 0,8 g/cm^3. Papan partikel dikempa panas pada suhu 200°C selama 10 menit. Pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel dilakukan dengan mengacu pada standar JIS A 5908:2003. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan, kadar air, pengembangan tebal, keteguhan lentur, keteguhan patah, dan keteguhan rekat telah memenuhi persyaratan standar JIS A 5908-2003.

Penambahan bagas sorgum bisa dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis papan partikel sengon. Penambahan 75% bagas sorgum mampu meningkatkan kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, keteguhan lentur, dan keteguhan patah terbaik pada papan partikel.

Kata kunci: Asam sitrat, bagas sorgum, papan partikel, limbah sengon

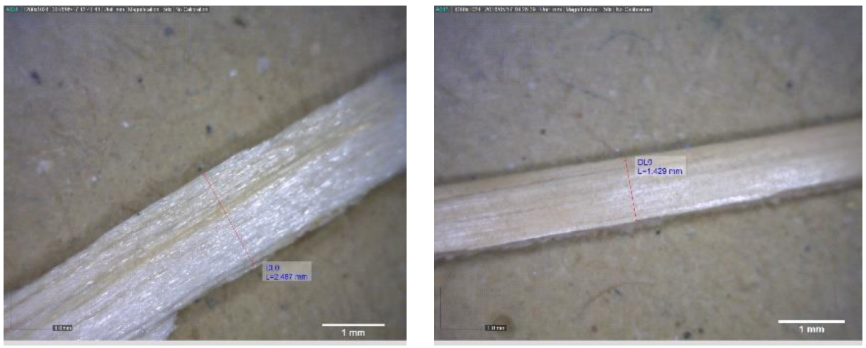
I. PENDAHULUAN

Sengon merupakan jenis kayu yang banyak dimanfaatkan dan digunakan dalam industri pengolahan kayu di Indonesia sehingga dapat diasumsikan bahwa limbah yang dihasilkan dari jenis kayu ini sangat tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan papan partikel yang sangat potensial (Ngadianto, Widyorini, & Lukmandaru, 2012). Ngadianto et al. (2012) dan Sudiryanto (2015) telah berhasil memanfaatkan limbah sengon tersebut untuk bahan baku papan partikel menggunakan perekat urea formaldehida (UF). Namun demikian, papan partikel dari sengon memiliki beberapa kekurangan yaitu memiliki sifat fisis dan mekanis yang belum memenuhi standar Jepang (JIS A 5908:2003). Oleh karena itu, diperlukan bahan baku alternatif non kayu seperti sorgum yang memiliki potensi yang besar sebagai campurannya untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Pencampuran bahan baku bagas sorgum dalam pembuatan papan partikel sengon untuk meningkatkan kualitas papan partikel tersebut bisa menjadi solusi. Khazaeian, Ashori, dan Dizaj (2015) sudah melakukan pencampuran bagas sorgum untuk meningkatkan kualitas papan partikel dari kayu (cabang kayu daun lebar). Hasil penelitian Khazaeian et al. (2015) dengan membuat papan partikel *three-layer* didapatkan bahwa penambahan 50% bagas sorgum menghasilkan peningkatan yang baik dalam MOE dan MOR papan partikel.

Sementara itu, papan partikel diproduksi secara komersial menggunakan perekat berbasis formaldehida, yaitu urea formaldehida untuk papan partikel interior dan fenol formaldehida (PF) untuk papan partikel eksterior (Chaturvedi & Pappu, 2016). Penggunaaan perekat berbasis formaldehida masih menjadi pilihan bagi industri karena harganya yang relatif murah dan mampu menghasilkan papan partikel dengan karakteristik yang memenuhi standar (Zhang, Song, Tao, Zhang, & Shi, 2018). Namun, perekat berbasis formaldehida dapat menyebabkan masalah kesehatan dan lingkungan (Salem & Böhm, 2013; Ferdosian, Pan, Gao, & Zhao, 2017; Zhang et al., 2018). Upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, mulai dikembangkan proses pembuatan papan partikel menggunakan perekat ramah lingkungan berbasis asam organik seperti asam sitrat.

Penggunaan asam sitrat sebagai perekat mulai dikembangkan dalam *molding* kayu (Umemura, Ueda, & Kawai, 2011) dan papan partikel (Umemura, Sugihara, & Kawai, 2013;



(a) (b)

Gambar 1. Pengukuran lebar partikel menggunakan mikroskop digital pada: (a) partikel sengon dan (b) partikel sorgum

Figure 1. Measurement of particle width using a digital microscope on: (a) sengon particles and (b) sorghum bagasse particles

Umemura, Sugihara, & Kawai, 2014; Widyorini, Umemura, Putra, Prayitno, Awaludin, & Isnan, 2015; Liao, Xu, & Umemura, 2016; Kusumah, Umemura, Yoshioka, Miyafuji, & Kanayama 2016). Hasil penelitian Widyorini dan Nugraha (2015) dengan memanfaatkan sengon sebagai bahan baku papan partikel dengan menggunakan perekat asam sitrat didapatkan hasil yang telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 tipe 8. Selain itu, hasil penelitian Kusumah et al. (2016) dengan menggunakan bagas sorgum sebagai bahan baku papan partikel menggunakan perekat asam sitrat didapatkan papan partikel yang telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 tipe 18. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis papan partikel sengon dengan penambahan bagas sorgum pada berbagai komposisi bahan baku menggunakan perekat asam sitrat.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan yang digunakan antara lain yaitu limbah venir sengon (*Falcataria moluccana*) yang didapatkan dari PT. Goenoeng Poetri Lestari Tasikmalaya dan limbah bagas sorgum (*Sorghum bicolor*) yang didapatkan dari lahan percobaan di Kawasan Cibinong Science Center, Pusat Penelitian Biomaterial Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dan perekat asam sitrat (CA) *pure* analis dengan *solid content* (SC) 59% yang didapatkan dari MERCK.

B. Metode

1. *Slenderness Ratio* (SR) dan *Aspect Ratio* (AR) Partikel Sengon dan Bagas Sorgum

Perhitungan SR dan AR mengacu pada modifikasi metode Maulana, Busyra, Fatrawana, Hidayat, Sari, Sumardi, Wistara, Lee, Kim, dan Febrianto (2017). Partikel diambil secara acak sebanyak 50 buah untuk setiap jenis bahan baku dan diukur dimensinya. Pengukuran dimensi partikel (Gambar 1) dilakukan dengan menggunakan kaliper pada panjang, sedangkan lebar dan tebal menggunakan mikroskop digital dan hasilnya dirata-ratakan.

2. Persiapan Bahan Baku Papan Partikel

Venir sengon dan bagas sorgum dicacah menggunakan mesin *chipper*. Selanjutnya, digiling menjadi partikel yang lebih kecil menggunakan *ring flaker*, kemudian partikel disaring menggunakan saringan lolos 4 mesh tertahan 14 mesh. Partikel yang sudah disaring lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C hingga mencapai kadar air kurang dari 5%.

3. Pembuatan Papan Partikel

Pembuatan papan partikel mengacu pada Kusumah et al. (2016). Target kerapatan papan partikel yaitu 0,8 g/cm^3. Partikel sengon dan bagas sorgum ditimbang sesuai perhitungan kebutuhan bahan baku. Kadar perekat yang digunakan yaitu 20% terhadap berat kering partikel dengan *solid content* (SC) sebesar 59%. Kemudian bahan baku dimasukkan ke dalam *mixer* untuk kemudian disemprot dengan perekat menggunakan *spray gun*. Setelah dicampur rata, bahan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 80°C dan dikeringkan selama 12 jam yang bertujuan mengurangi kadar air bahan setelah dicampur perekat. Selanjutnya bahan dimasukkan ke dalam cetakan berukuran panjang dan lebar 30 cm x 30 cm dengan diberi alas teflon dan sisinya diberi pembatas plat besi setebal 0,9 cm, kemudian dikempa panas dengan suhu 200°C selama 10 menit dan tekanan spesifik maksimum 5 MPa.

4. Pengkondisian dan Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel

Pengkondisian dilakukan selama 7 hari pada suhu ruangan untuk menyeragamkan kadar air dan membebaskan tegangan sisa akibat proses pengempaan panas (Kusumah et al., 2016). Pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel mengacu pada standar JIS A 5908-2003. Parameter sifat fisis yang diuji adalah kerapatan, kadar air (KA), daya serap air (DSA), pengembangan tebal (PT), dan sifat mekanis yang diuji adalah keteguhan lentur (MOE), keteguhan patah (MOR), keteguhan rekat (IB), dan kuat pegang sekrup (KPS).

5. Analisis Data

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 1 faktor. Faktor yang diteliti yaitu pengaruh penambahan bagas sorgum terhadap papan partikel sengon dengan komposisi campuran sengon : bagas sorgum pada 4 taraf (100: 0, 75:25, 50:50, 25:75), masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Analisis data penelitian ini menggunakan selang kepercayaan 95%, apabila nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 maka hasil yang didapat berbeda nyata, dan dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan*.

$$Yij = \mu + Ai + +\epsilon ik \quad (1)$$

Keterangan (*Remarks*): Yi: Nilai respon pada taraf ke-i faktor pengaruh penambahan bagas sorgum (*The response value at level i influence addition of sorghum bagasse*); Ai: Pengaruh penambahan bagas sorgum pada taraf ke-i (*The effect of adding sorghum bagasse at level i*); ϵik: Kesalahan (Galat I) percobaan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-k (*Error* (*Error I*) *experiment on treatment i and repetition k*); i: Pengaruh penambahan bagas sorgum dengan taraf sengon : bagas sorgum (100 : 0, 75:25, 50:50, 25:75) (*Effect of adding sorghum bagasse with level of sengon : bagas sorghum* (*100: 0, 75:25, 50:50, 25:75*); k: Ulangan 1, 2, dan 3 (*Repetition* 1, 2, and 3).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

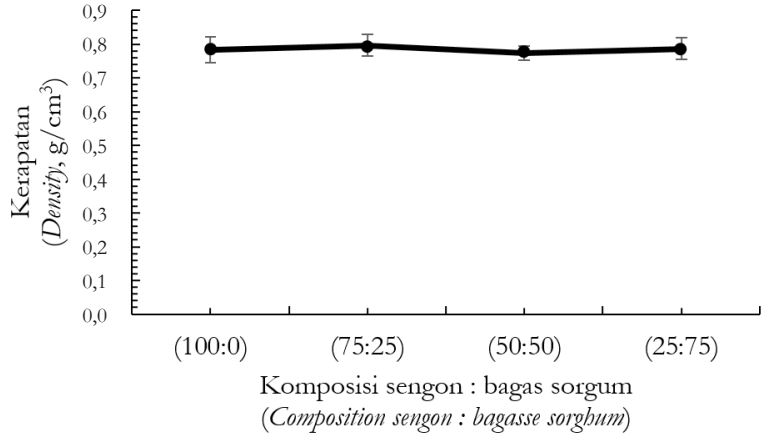
A. Kerapatan

Kerapatan target papan partikel sebesar 0,8 g/cm^3, secara keseluruhan kerapatan papan partikel yang dibuat seragam, karena hasil analis keragaman (Tabel 1) menunjukkan bahwa penambahan partikel bagas sorgum tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan partikel yang dihasilkan. Kerapatan papan partikel rata-rata berkisar antara 0,77–0,80 g/cm^3 (Gambar 2).

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini memiliki kerapatan yang rendah, yaitu sengon sebesar 0,31 g/cm^3 (Nandika, Darmawan, & Arinana, 2015) dan bagas sorgum sebesar 0,125 g/cm^3 (Kusumah et al., 2016). Kerapatan bahan baku yang rendah menyebabkan partikel lebih mudah dipadatkan pada saat proses pengempaan dan menghasilkan kontak antar partikel yang lebih baik. Nilai nisbah kempa (*compression ratio*) papan partikel adalah 2,66 pada sengon dan 6,4 pada bagas sorgum. Sulastiningsih, Indrawan, Balfas, dan Santoso, (2017) menyatakan untuk menghasilkan kontak yang baik di antara partikel, biasanya dibutuhkan nisbah kempa 1,3.

B. Kadar Air

Rata-rata kadar air (KA) papan partikel yang dibuat dari campuran sengon dengan bagas sorgum adalah sebesar 6,97% (Gambar 3).



Keterangan (*Remarks*): Garis vertikal yang melalui titik menunjukan standar deviasi (*Vertical lines through the points represent the standard deviations*)

Gambar 2. Kerapatan papan partikel
Figure 2. Density of particleboard

Tabel 1. Analisis ragam pengaruh penambahan bagas sorgum terhadap sifat fisis papan partikel

Table 1. Variance of analysis (ANOVA) the effect of adding sorghum bagasse on the physical properties of particleboard

Sifat (*Properties*)	Signifikansi ANOVA (*Significance of ANOVA*)
Kerapatan (*Density*)	0,837^{tn}
Kadar air (*Moisture content*)	0,185^{tn}
Daya serap air (*Water absorption*)	0,228^{tn}
Pengembangan tebal (*Thickness swelling*)	0,000**

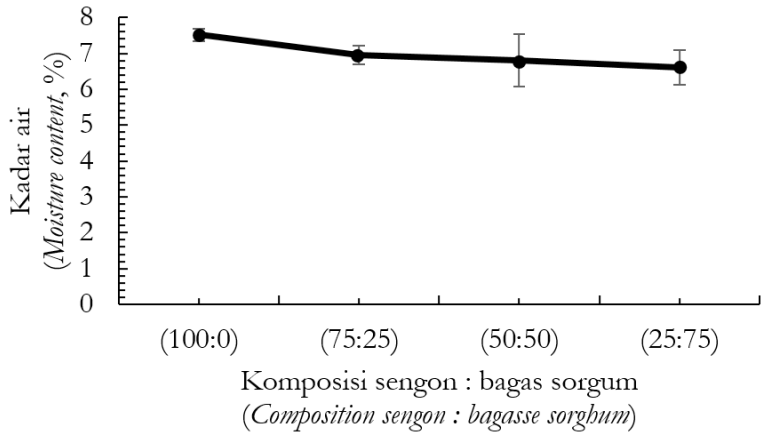
Keterangan (*Remarks*): tn: tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% (*tn: not significant at 95% confidence intervals*), **: berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% *(**: significant at 95% confidence intervals)*

Secara keseluruhan, KA papan partikel dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan JIS A 5908-2003, karena nilainya tidak lebih dari 13%. Hasil penelitian Widyorini dan Nugraha (2015) KA papan partikel sengon menggunakan perekat CA berkisar antara 4,45-7,07%. Sementara itu hasil penelitian Iswanto, Azhar, Susilowati, dan Ginting (2016) menunjukkan bahwa KA papan partikel bagas sorgum yang diperkuat dengan anyaman bambu, venir dan *strand* bambu berkisar 4,14–7,84%.

Hasil analisis keragaman (Tabel 1) menunjukan bahwa penambahan partikel bagas sorgum tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air papan partikel yang dihasilkan. Namun, semakin tinggi persentase penambahan partikel bagas sorgum, memiliki kecenderungan semakin menurun kadar air papan partikel yang dihasilkan. Hal ini disebabkan sengon memiliki sifat higroskopis yang tinggi karena mengandung selulosa yang tinggi (57,11%) (Putra, Wardenaar, & Husni, 2018), dibandingkan bagas sorgum yang mengandung selulosa lebih rendah (34,87%) (Kusumah et al., 2016), oleh karena itu penambahan bagas sorgum yang mengandung selulosa lebih rendah dapat mengurangi sifat higroskopis papan yang dihasilkan.

C. Daya Serap Air

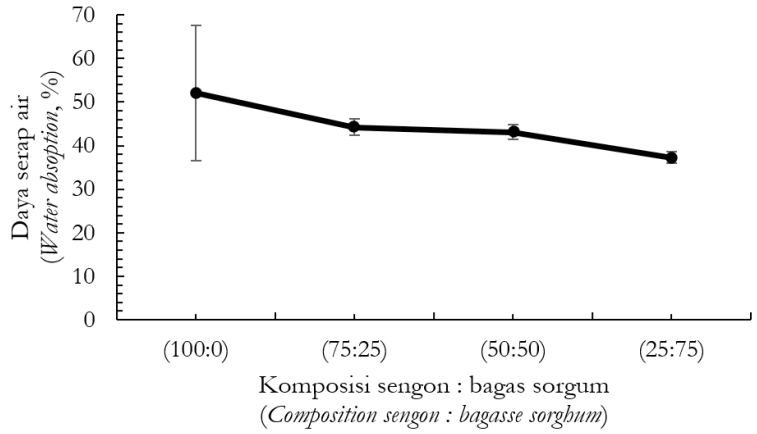
Rata-rata daya serap air (DSA) papan partikel dalam penelitian ini berkisar antara 37,29% sampai 52,07% dengan rata-rata 44,16% (Gambar 4). Hasil analisis keragaman (Tabel 1) menunjukkan bahwa penambahan partikel bagas sorgum tidak berpengaruh nyata terhadap DSA papan partikel. Semakin tinggi persentase penambahan partikel bagas sorgum, maka semakin cenderung menurunkan DSA



Keterangan (*Remarks*): Garis vertikal yang melalui titik menunjukan standar deviasi (*Vertical lines through the points represent the standard deviations*)

Gambar 3. Kadar air papan partikel

Figure 3. Moisture content of particleboard

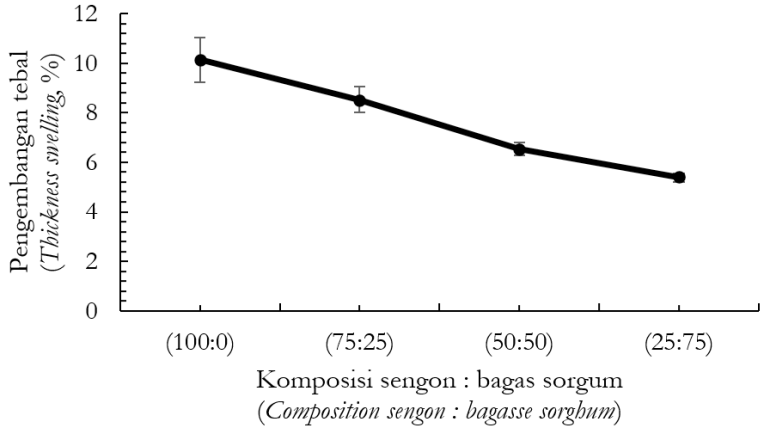


Keterangan (*Remarks*): Garis vertikal yang melalui titik menunjukan standar deviasi (*Vertical lines through the points represent the standard deviations*)

Gambar 4. Persentase daya serap air papan partikel
Figure 4. Water absorption percentage of particleboards

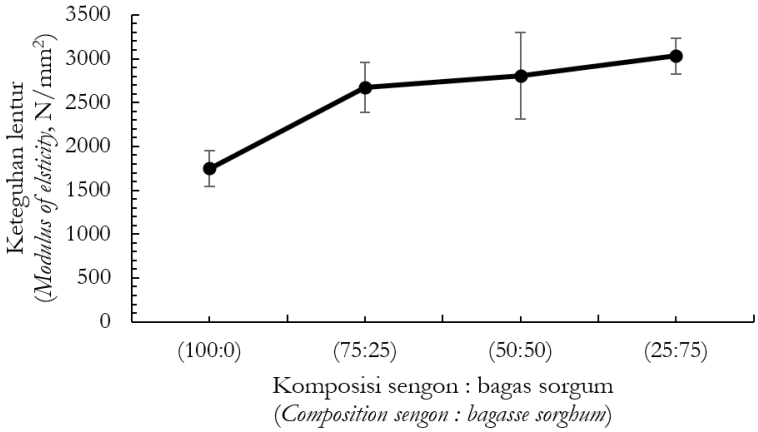
papan partikel yang dihasilkan. Penurunan DSA tersebut disebabkan karena sengon lebih banyak mengandung selulosa dibandingkan bagas sorgum. Sengon mengandung selulosa 57,11% (Putra et al., 2018), sedangkan bagas sorgum mengandung selulosa 34,87% (Kusumah et al., 2016). Kandungan selulosa yang tinggi ini memudahkan masuknya air ke dalam papan partikel (Sari, Ayrilmis, Nemli, Baharoğlu, Gümüşkaya, & Bardak, 2012; Bardak, Nemli, & Tiryaki, 2017). Selain itu, penurunan DSA papan partikel disebabkan oleh partikel bagas sorgum lebih kecil dibandingkan partikel sengon. Partikel yang kecil memiliki kemampuan mengisi rongga kosong yang lebih baik dan menghasilkan stabilitas dimensi yang baik (Trisatya & Sulastiningsih, 2019).

Rata-rata DSA papan partikel bagas sorgum penelitian Iswanto, Azhar, Supriyanto, dan Susilowati (2014) menggunakan perekat UF, PF, dan isosianat berkisar 40,77–124,33%. Sementara itu, DSA papan partikel sengon menggunakan perekat CA (kadar perekat 15%) sebesar 30% (Widyorini & Nugraha, 2015). Nilai DSA papan partikel dengan perekat CA memiliki kestabilan dimensi yang baik. Hasil ini juga sesuai dengan penelitian Kusumah et al. (2016) yang menunjukkan bahwa papan partikel



Keterangan (*Remarks*): Garis vertikal yang melalui titik menunjukkan standar deviasi (*Vertical lines through the points represent the standard deviations*)

Gambar 5. Pengembangan tebal papan partikel
Figure 5. Thickness swelling of particleboards



Keterangan (*Remarks*): Garis vertikal yang melalui titik menunjukkan standar deviasi (*Vertical lines through the points represent the standard deviations*)

Gambar 6. Keteguhan lentur papan partikel
Figure 6. Modulus elasticity of particleboards

bagas sorgum dengan perekat CA memiliki kestabilan dimensi yang baik. Perekat CA dapat mengurangi penyerapan air pada papan selama proses perendaman, hal itu diduga karena adanya ikatan ester antara gugus karboksil pada CA dengan gugus hidroksil pada bahan lignoselulosa (Umemura et al., 2011).

D. Pengembangan Tebal

Rata-rata pengembangan tebal (PT) tertinggi dimiliki oleh papan partikel dengan komposisi 100% sengon, sedangkan PT terendah dimiliki oleh papan partikel dengan komposisi 25% sengon dan 75% bagas sorgum. (Gambar 5). JIS A 5908-2003 memberikan persyaratan untuk PT maksimum sebesar 12%, dengan demikian papan partikel dalam penelitian ini telah memenuhi standar JIS A 5908-2003, sehingga papan partikel dalam penelitian ini memiliki kestabilan dimensi yang baik. Nilai PT papan partikel dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan PT papan partikel bagas sorgum penelitian Kusumah et al. (2016) dengan menggunakan perekat CA (kadar perekat 30%) yaitu sebesar 9,02% dan lebih tinggi dibandingkan PT papan partikel dari sengon penelititian Widyorini dan Nugraha (2015) dengan menggunakan perekat CA (kadar perekat 15%) yaitu sebesar 6,5%.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penambahan partikel bagas sorgum berpengaruh nyata terhadap PT papan partikel (Tabel 1). Semakin tinggi persentase penambahan partikel bagas sorgum, maka semakin menurun PT papan partikel yang dihasilkan. Penyebab penurunan PT tersebut sama hal nya disebabkan oleh kandungan selulosa yang lebih tinggi pada sengon dibandingkan

Tabel 2. Analisis ragam pengaruh penambahan bagas sorgum terhadap sifat mekanis papan partikel
Table 2. Variance of analysis (ANOVA) the effect of adding sorghum bagasse on the mechanical properties of particleboard

Sifat (*Properties*)	Signifikansi ANOVA (*Significance of ANOVA*)
Keteguhan lentur (*Modulus of elasticity*)	0,005**
Keteguhan patah (*Modulus of rupture*)	0,335tn
Keteguhan rekat (*Internal bond*)	0,000**
Kuat pegang sekrup (*Screw holding*)	0,001**

Keterangan (*Remarks*): tn: tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% (*tn: not significant at 95% confidence intervals)*, **: berbeda nyata pada selang kepercayaan 95% *(**: significant at 95% confidence intervals)*

Tabel 3. Data dimensi partikel dan hasil pengukuran *slenderness ratio dan aspect ratio*
Table 3. Data dimension of particle and results measurement of slenderness ratio and aspect ratio

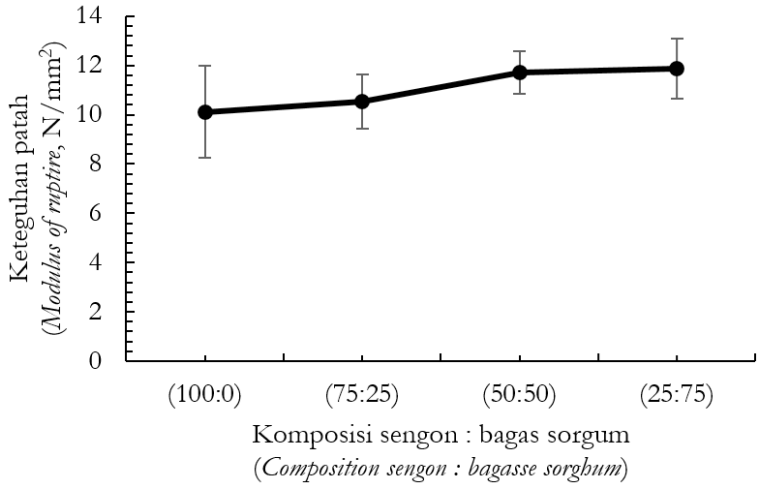
Partikel (*Particle*)	Panjang (*Length,* mm)	Lebar (*Witdh,* mm)	Tebal (*Thickness,* mm)	Nisbah kelangsingan *Slendernes ratio* (SR)	Nisbah aspek *Aspect ratio* (AR)
Sengon	16,30	3	0,82	22,92	8,25
Sorgum	29,9	1,65	0,33	108,26	20,66

bagas sorgum seperti pada DSA. Selain itu, penurunan PT tersebut disebabkan bagas sorgum mengandung zat ekstraktif yang lebih tinggi sebesar 5,70 % (Khazaeian et al., 2015) dibandingkan sengon yang hanya sebesar 3,83% (Putra et al., 2018). Keberadaan zat ekstraktif terutama lemak dan lilin menyebabkan papan partikel menolak air (Sari et al., 2012; Scatolino, Costa, Benedito, & Júnior, 2017).

E. Keteguhan Lentur

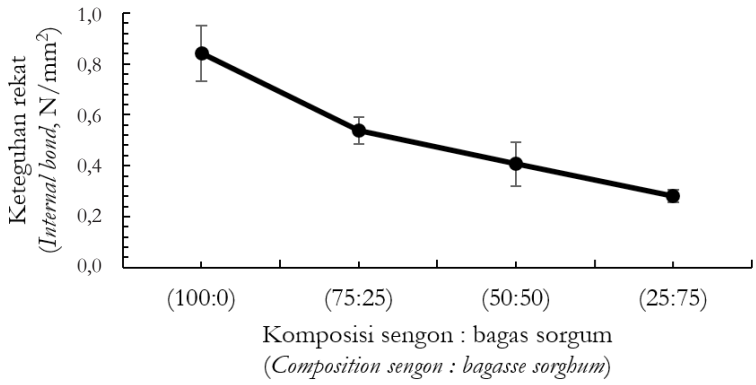
Rata-rata keteguhan lentur (MOE) papan partikel dalam penelitian ini berkisar antara 1749–3029 N/mm^2 dengan rata rata 2563 N/mm^2 (Gambar 6). Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penambahan partikel bagas sorgum berpengaruh nyata terhadap MOE papan partikel (Tabel 2). Semakin tinggi persentase penambahan partikel bagas sorgum, maka semakin meningkat MOE papan partikel yang dihasilkan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Khazaeian et al. (2015) yang menyatakan bahwa semakin tinggi persentase penambahan bagas sorgum dalam papan partikel *three layer* dengan perekat UF maka akan semakin meningkat MOE papan partikel yang dihasilkan. Sementara itu, hasil penelitian Widyorini dan Nugraha (2015) papan partikel sengon dengan perekat CA berkisar antara 3200 N/mm^2 dan hasil penelitian Kusumah et al. (2016) papan partikel bagas sorgum dengan perekat CA (kadar perekat 20%) sebesar 5270 N/mm^2. JIS A 5908-2003 tipe 13 mensyaratkan MOE minimal papan partikel yaitu 2500 N/mm^2, dengan demikian papan partikel yang dibuat sudah memenuhi standar, kecuali papan partikel dengan komposisi 100% sengon.

Rata-rata MOE tertinggi dimiliki oleh papan partikel dengan komposisi 25% sengon dan 75% bagas sorgum, sedangkan MOE terendah dimiliki oleh papan partikel dengan komposisi 100% sengon. Hal ini disebabkan karena *Slenderness ratio* (SR) bagas sorgum pada penelitian ini lebih tinggi (Tabel 3) yaitu sebesar 108,26



Keterangan (*Remarks*): Garis vertikal yang melalui titik menunjukan standar deviasi (*Vertical lines through the points represent the standard deviations*)

Gambar 7. Keteguhan patah papan partikel
Figure 7. Modulus rupture of particleboard



Keterangan (*Remarks*): Garis vertikal yang melalui titik menunjukan standar deviasi (*Vertical lines through the points represent the standard deviations*)

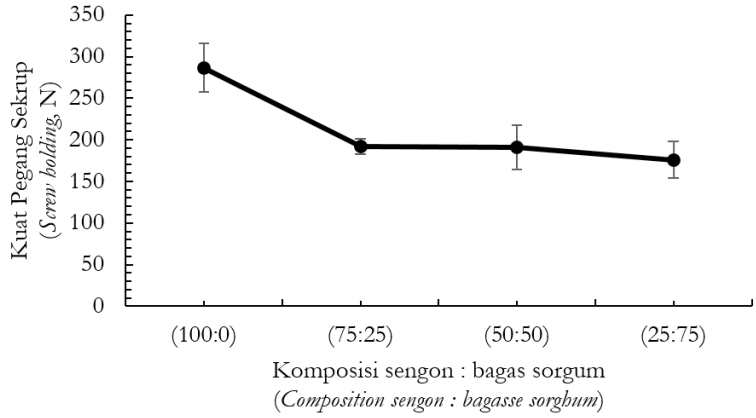
Gambar 8. Keteguhan rekat papan partikel
Figure 8. Internal bond of particleboard

dibandingkan sengon 22,92, sehingga papan partikel dengan persentase bagas sorgum lebih banyak menghasilkan MOE yang lebih tinggi. Sulastiningsih et al. (2017) menyatakan bahwa semakin tinggi nilai SR akan menghasilkan papan dengan kekuatan yang tinggi.

F. Keteguhan Patah

Rata-rata keteguhan patah (MOR) papan partikel dalam penelitian ini berkisar antara 10,11 N/mm^2 hingga 11,89 N/mm^2 dengan rata-rata 11,05 N/mm^2 (Gambar 7). MOR papan partikel dalam penelitian ini lebih rendah dari MOR papan partikel hasil penelitian Iswanto et al. (2014; 2016) yang menggunakan perekat UF dan PF. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Kusumah et al. (2016) yang mendapatkan hasil bahwa MOR papan partikel menggunakan perekat CA mengalami *brittleness* (mudah patah) yang disebabkan oleh tingkat keasaman perekat CA yang tinggi, sehingga memiliki MOR yang rendah.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penambahan partikel bagas sorgum tidak berpengaruh nyata terhadap MOR papan partikel (Tabel 2). Semakin tinggi persentase penambahan partikel bagas sorgum, maka semakin meningkat MOR papan partikel yang akan dihasilkan. JIS A 5908-2003 mensyaratkan MOR minimal papan partikel tipe 8 yaitu 8,0 N/mm^2, dengan demikian semua papan partikel yang dibuat dalam penelitian ini telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 tipe 8.



Keterangan (*Remarks*): Garis vertikal yang melalui titik menunjukan standar deviasi (*Vertical lines through the points represent the standard deviations*)

Gambar 9. Nilai kuat pegang sekrup papan partikel
Figure 9. Screw holding value of particleboards

G. Keteguhan Rekat

Rata-rata keteguhan rekat (IB) tertinggi dimiliki oleh papan partikel dengan komposisi 100% sengon sebesar 0,84 N/mm^2, sedangkan IB terendah dimiliki oleh papan partikel dengan komposisi 25% sengon dan 75% bagas sorgum sebesar 0,28 N/mm^2 (Gambar 8). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Khazaeian et al. (2015) yang menyatakan bahwa semakin tinggi persentase penambahan bagas sorgum dalam papan partikel *three layer* dengan perekat UF, akan semakin menurunkan IB papan partikel yang dihasilkan. JIS A 5908-2003 tipe 18 mensyaratkan IB minimal papan partikel tipe 18 yaitu 0,30 N/mm^2, dengan demikian IB papan partikel hasil penelitian ini memenuhi persyaratan standar tersebut kecuali papan partikel dengan komposisi 25% sengon dan 75% bagas sorgum.

Hasil analisis keragaman menunjukkan penambahan partikel bagas sorgum berpengaruh nyata terhadap IB papan partikel (Tabel 2). Semakin tinggi persentase penambahan partikel bagas sorgum, maka semakin menurun IB papan partikel yang dihasilkan. Penurunan tersebut disebabkan oleh kandungan zat ekstraktif (lemak dan lilin) bagas sorgum lebih banyak sebesar 5,7% (Khazaeian et al., 2015) dibandingkan sengon yang hanya sebesar 3,83% (Putra et al., 2018). Keberadaan zat ekstraktif berpengaruh terhadap ikatan perekat CA. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan Sari et al. (2012) dan Bardak et al. (2017) bahwa zat ekstraktif berpengaruh terhadap kemudahan perekat dalam berpenetrasi terhadap bahan, sehingga menghalangi perekat untuk berikatan dengan bahan dan menghasilkan IB yang tidak maksimal. Selain itu, Widyorini, Umemura, Soraya, Dewi, dan Nugroho, (2019) mengungkapkan bahwa penghilangan zat ekstraktif pada bahan berlignoselulosa mampu meningkatkan kualitas papan partikel.

H. Kuat Pegang Sekrup

Rata-rata kuat pegang sekrup (KPS) papan partikel dalam penelitian ini berkisar antara 176-286 N dengan rata-rata sebesar 211 N (Gambar 9). Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penambahan partikel bagas sorgum berpengaruh nyata terhadap KPS papan partikel (Tabel 2). Semakin tinggi persentase penambahan partikel bagas sorgum, maka semakin cenderung menurun KPS papan partikel yang dihasilkan. Penurunan KPS tersebut disebabkan karena sengon lebih banyak mengandung selulosa dibandingkan bagas sorgum. Sengon mengandung selulosa 57,11% (Putra et al., 2018), sedangkan bagas sorgum mengandung selulosa 34,87% (Kusumah et al., 2016). Rowell (2005) menyatakan bahwa selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel dan semakin tebal dinding sel akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar.

IV. KESIMPULAN

Penambahan bagas sorgum bisa dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis papan partikel sengon. Semakin banyak penambahan partikel bagas sorgum akan menghasilkan KA, DSA, PT, MOE, dan MOR yang baik dan telah memenuhi standar JIS A 5908-2003. Hasil uji sifat fisis dan mekanis terbaik dimiliki oleh papan yang terbuat dari komposisi campuran 25% sengon dan 75% bagas sorgum.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain, dan rancangan percobaan dilakukan oleh DH, FAS, SBT dan SSK; percobaan dan perlakuan pengujian dilakukan oleh JS dan SM; pengumpulan data dan analisis data dilakukan oleh JS dan SM; penulisan manuskrip oleh JS, DH dan SSK; perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh JS, FAS dan SBT.

DAFTAR PUSTAKA

Bardak, S., Nemli, G., & Tiryaki, S. (2017). The influence of raw material growth region, anatomical structure and chemical composition of wood on the quality properties of particleboards. *Maderas Ciencia Tecnología*, *19*(3), 363–372. doi: 10.4067/s0718-221x2017005000031.

Chaturvedi, R., & Pappu, A. (2016). Performance of formaldehyde resins and cement bonded particleboards and understanding its properties for further advancement. *International Journal of Waste Resources*, *6*(2), 1–8. doi: 10.4172/2252-5211.1000215.

Ferdosian, F., Pan, Z., Gao, G., & Zhao, B. (2017). Bio-based adhesives and evaluation for wood composites application. *Polymers*, *9*(2), 1-29. doi: 10.3390/polym9020070.

Iswanto, A.H., Azhar, I., Supriyanto, & Susilowati, A. (2014). Effect of resin type, pressing temperature and time on particleboard properties made from sorghum bagasse. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, *3*(2), 62-66. doi: 10.11648/j.aff.20140302.12.

Iswanto, A.H., Wulandhari, I., Irawati, A., & Supriyanto, A. (2016). The physical, mechanical and durability properties of sorghum bagasse particleboard by layering surface treatment. *Journal of the Indian Academy of Wood Science,* 14(*1*), 1-8. doi: 10.1007/s13196-016-0181-7.

Japanese Standard Association (JSA). (2003). *Japanese industrial standard particleboard* (JIS A 5908 2003). Japanese Standard Association.

Khazaeian, A., Ashori, A., & Dizaj, M.Y. (2015). Suitability of sorghum stalk fibers for production of particleboard. *Carbohydrate Polymers*, *120*, 15–21. doi: 10.1016/j.carbpol.2014.12.001.

Kusumah, S.S., Arinana, A., Hadi, Y.S., Guswenrivo, I., Yoshimura, T., Umemura, K., Tanaka, S., & Kanayama, K. (2017). Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid in the manufacturing of particleboard. III: influence of adding sucrose on the properties of particleboard. *BioResources*, *12*(4), 7498–7514. doi: 10.15376/biores.12.4.7498-7514.

Kusumah, S.S., Umemura, K., Guswenrivo, I., Yoshimura, T., & Kanayama, K. (2017). Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid for manufacturing of particleboard II: influences of pressing temperature and time on particleboard properties. *Journal of Wood Science*, *63*(2), 161-172. doi: 10.107/s10086-016-1605-0.

Kusumah, S.S., Umemura, K., Yoshioka, K., Miyafuji, H., & Kanayama, K. (2016). Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid for manufacturing of particleboard I: Effects of pre-drying treatment and citric acid content on the board properties. *Industrial Crops and Products*, *84*, 34–42. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.01.042.

Liao, R., Xu, J., & Umemura, K. (2016). Low density sugarcane bagasse particleboard bonded and additive content. *BioResources*, *11*(1), 2174–2185.

Maulana, S., Busyra, I., Fatrawana, A., Hidayat, W., Sari, R. K., Sumardi, I., Wistara, I. N. J., Lee, S. H., Kim, N. H., & Febrianto, F. (2017). Effects of steam treatment on physical and mechanical properties of bamboo oriented strand board. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, *45*(6), 872–882. doi: 10.5658/WOOD.2017.45.6.872.

Nandika, D., Darmawan, W., & Arinana, A. (2015). Quality improvement of sengon wood through compregnation. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *25*(2), 125-135.

Ngadianto, A., Widyorini, R., & Lukmandaru, G. (2012). Karakteristik papan partikel limbah kayu sengon dengan perlakuan pengawetan asap cair. Dalam Suhasman, A. Arif, M. Muin, I. Sulistyawati, A. D. Yuniarti, & S. I. Maulany (Eds.) *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (Mapeki) XVI* (hal.500-506).

Putra, A. F. R., Wardenaar, E., & Husni, H. (2018). Analisa komponen kimia kayu sengon (*Albizia falcataria* (L.) Fosberg) berdasarkan posisi ketinggian batang. *Jurnal Hutan Lestari*, *6*(1), 83–89.

Rowell, R.M. 2005. *Wood chemistry and wood composites.* New York: CRC Press.

Sari, B., Ayrilmis, N., Nemli, G., Baharoğlu, M., Gümüşkaya, E., & Bardak S. (2012). Effects of chemical composition of wood and resin type on properties of particleboard. *Lignocellulose, 1*(3), 174-184.

Salem, M.Z.M., & Böhm, M. (2013). Understanding of formaldehyde emissions from solid wood: An overview. *BioResources*, *8*(3), 4775–4790. doi:10.15376/biores.8.3.4775-4790.

Scatolino, M.V., Costa, A.D.O., Benedito, J., & Júnior, G. (2017). Eucalyptus wood and coffee parchment for particleboard production : physical and mechanical properties. *Ciência e Agrotecnologia, 41*(2), 139–146. doi: 10.1590/1413-70542017412038616.

Sudiryanto G. (2015). Pengaruh suhu dan waktu pengempaan terhadap sifat fisik dan mekanik papan partikel kayu sengon (*Paraserienthes Falcataria* (L) Nielson). *Disprotek*, *6*(1), 67–74.

Sulastiningsih, I. M., Indrawan, D. A., Balfas, J., & Santoso, A. (2017). Sifat fisis dan mekanis papan untai berarah dari bambu tali (*Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 35*(3), 197–209. doi: 10.20886/jphh.2017.35.3.197-209.

Trisatya, D. R., & Sulastiningsih, I. M. (2019). Sifat papan partikel dari campuran kayu jabon dan bambu andong. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 37*(2), 123–136.

Umemura, K., Sugihara, O., & Kawai, S. (2013). Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard. *Journal of Wood Science*, *59*(3), 203–208. doi: 10.1007/s10086-013-1326-6.

Umemura, K., Sugihara, O., & Kawai, S. (2014). Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard II: effects of board density and pressing temperature. *Journal of Wood Science*, *61*(1), 40-44. doi: 10.1007/s10086-014-1437-8.

Umemura, K., Ueda, T., & Kawai, S. (2011). Characterization of wood-based molding bonded with citric acid. *Journal of Wood Science*, *58*(1), 38-45. doi:10.1007/s10086-011-1214-x.

Widyorini, R., & Nugraha, P.A. (2015). Sifat fisis dan mekanis papan partikel sengon dengan perekat asam sitrat-sukrosa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis, 13*(2), 175–184.

Widyorini, R., Umemura, K., Putra, D. R., Prayitno, T. A., Awaludin, A., & Isnan, R. (2015). Manufacture and properties of citric acid-bonded particleboard made from bamboo materials. *European Journal of Wood and Wood Products*, *74*(1), 57–65. doi: 10.1007/s00107-015-0967-0.

Widyorini, R., Umemura, K., Soraya, D. K., Dewi, G. K., & Nugroho, W. D. (2019). Effect of citric acid content and extractives treatment on the manufacturing process and properties of citric acid-bonded Salacca frond particleboard. *BioResources*, *14*(2), 4171–4180. doi: 10.15376/biores.14.2.4171-4180.

Zhang, J., Song, F., Tao, J., Zhang, Z., & Shi, S. Q. (2018). Research progress on formaldehyde emission of wood-based panel. *International Journal of Polymer Science*, *2018*. doi: 10.1155/2018/9349721.