

Pemanfaatan Maltodextrin Singkong untuk Perak Ramah Lingkungan dalam Pembuatan Papan Partikel dari Bagas Sorgum

Utilization of Cassava Maltodextrin for Eco-friendly Adhesive in the Manufacturing of Sorghum Bagasse Particleboard

Oleh:

Jajang Sutiawan¹, Dede Hermawan^{1*}, Sukma Surya Kusumah², Bernadeta Ayu Widyaningrum², Endang Sukara³

¹ Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Jl. Ulin, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Jawa Barat, Indonesia

² Pusat Penelitian Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jl. Raya Bogor Km. 46, Cibinong, Bogor 16911, Jawa Barat, Indonesia

³ Fakultas Biologi Universitas Nasional. Jl. Sawo Manila No. 61, Pasar Minggu, 12520, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia

*email: mr.dede.hermawan@gmail.com

ABSTRAK

Pengembangan perekat alami yang berasal dari sumber daya non-fosil sangat penting di masa depan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan perekat alami dari maltodextrin singkong dan membandingkan dengan perekat alami lain seperti asam sitrat dan asam malat untuk papan partikel. Pengaruh jenis perekat alami pada sifat fisis dan mekanis papan partikel dievaluasi. Sorgum manis dan beberapa perekat alami digunakan dalam pembuatan papan partikel. Kadar perekat yang digunakan adalah 20% dari berat kering partikel. Dimensi papan dan kerapatan target adalah $30 \times 30 \times 0,9 \text{ cm}^3$ dan $0,8 \text{ g/cm}^3$. Papan partikel dikempa panas pada suhu 200°C selama 10 menit. Sifat fisis dan mekanis dari papan partikel tersebut kemudian dievaluasi berdasarkan standar industri jepang untuk papan partikel (JIS A 5908-2003). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan, kadar air, keteguhan lentur dan keteguhan patah telah memenuhi persyaratan standar JIS A 5908-2003, sedangkan pengembangan tebal, daya serap air, dan keteguhan rekat belum memenuhi standar tersebut. Analisis FTIR mengindikasikan terbentuknya ikatan ester yang dihasilkan dari perekat alami dan bagas sorgum, yang diduga berkontribusi untuk menghasilkan papan partikel dengan sifat fisis dan mekanis yang sangat baik.

Kata kunci: maltodekstrin, papan partikel, perekat alami, singkong, sorgum manis

ABSTRACT

The development of natural adhesives derived from non-fossil resources is very important for the future. This research aimed to develop natural adhesive from maltodextrin and compare it with other natural adhesives such as citric acid and malic acid for particleboard production. The effect of the adhesive raw materials on the physical and mechanical properties of the particleboards was investigated. The sweet sorghum and those natural adhesives were used in the manufacturing of particleboard. The resin content of the natural adhesive was 20 wt% base on air-dried particles. The dimension and density target of the boards were $30 \times 30 \times 0,9 \text{ cm}^3$ and $0,8 \text{ g/cm}^3$, respectively. The particleboards were prepared by hot pressing at 200°C for 10

min. The physical and mechanical properties of particleboards were evaluated based on Japanese Industrial Standard for particleboard (JIS A 5908-2003). The results showed that the density, moisture content, modulus of elasticity, and modulus of rupture met the requirements of the JIS A 5908-2003 standard, while the thickness swelling, water absorption, and internal bond did not meet the standard requirements. The results of FTIR analysis indicated the establishment of ester linkages due to the reaction between the natural adhesive and sorghum bagasse that contributed to the excellent physical and mechanical properties of the particleboard.

Keywords: *cassava, maltodextrin, natural adhesive, particleboard, sweet sorghum*

PENDAHULUAN

Produksi papan partikel di Eropa mengalami peningkatan dari tahun 2016 ke tahun 2017. Produksi papan partikel pada tahun 2016 sebesar 36,61 ribu m³ dan meningkat menjadi 36,80 ribu m³ pada tahun 2017 dan diprediksi akan meningkat menjadi 37,02 ribu m³ pada tahun 2018 (FAO 2017). Namun, peningkatan produksi papan partikel tersebut tidak diiringi oleh ketersediaan bahan baku dari hutan yang disebabkan oleh terjadinya deforestasi hutan dunia (KLHK 2018). Data KLHK (2018) menyebutkan bahwa di Indonesia saja dari tahun 2015 ke 2016 telah terjadi deforestasi hutan sebesar 0,63 juta ha, sehingga kebutuhan bahan baku papan partikel di masa depan berpotensi tidak dapat dipenuhi (Kusumah et al. 2017b). Akibatnya, bahan berlignoselulosa lain mempunyai peran penting sebagai alternatif bahan baku dalam pembuatan papan partikel. Salah satu bahan berlignoselulosa lain adalah sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Sorgum memiliki potensi untuk dijadikan sebagai bahan baku papan partikel. Total luas lahan sorgum di dunia pada tahun 2020 adalah sebesar 40,81 juta ha FAS (2020) dan menurut Pabendon et al. (2012) rata-rata biomassa batang sorgum adalah sebesar 23,06 ton/ha, sedangkan rata-rata biomassa bagas sorgum sebesar 4,89 ton/ha.

Papan partikel diproduksi secara komersial menggunakan perekat berbasis formaldehida seperti urea formaldehida (UF) dan fenol formaldehida (PF) (Chaturvedi dan Pappu 2016). Penggunaan perekat berbasis formaldehida masih menjadi pilihan bagi industri karena harganya yang relatif murah dan dapat menghasilkan papan partikel dengan karakteristik yang baik (Zhang et al. 2018). Namun, perekat berbasis formaldehida menyebabkan masalah kesehatan dan lingkungan (Ferdosian et al. 2017; Salem dan Böhm 2013; Zhang et al. 2018). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka mulai dikembangkan proses pembuatan papan partikel menggunakan perekat ramah lingkungan seperti asam sitrat (CA).

Penggunaan CA sebagai perekat papan partikel menghasilkan kualitas yang baik (Kusumah et al. 2016; Liao et al. 2016; Umemura et al. 2013, 2014; Widyorini et al. 2016) dan memenuhi standar JIS A 5908-2003 untuk papan partikel. Namun, penggunaan CA sebagai perekat menyebabkan bahan lignoselulosa menjadi rapuh sehingga menghasilkan keteguhan patah (MOR) dan kuat pegang sekrup (SH) lebih rendah yang disebabkan karena keasaman dari CA tersebut (Kusumah et al. 2016). Beberapa upaya telah banyak digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut seperti dengan penambahan maltodextrin (MD) dan sukrosa (SU) (Kusumah et al. 2017a; Widyorini et al. 2017).

Hasil penelitian Kusumah et al. (2017a) dengan menggunakan partikel bagas sorgum dan perekat asam sitrat-sukrosa (CAS) menghasilkan papan partikel yang memiliki MOR dan SH lebih baik dibandingkan dengan hanya menggunakan perekat CA dan hasilnya juga telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 tipe 18. Sementara itu, hasil penelitian Widyorini et al. (2017) menunjukkan bahwa papan partikel dari bambu dengan asam sitrat-maltodextrin (CAM) memiliki sifat mekanis yang baik. Penambahan MD pada papan partikel bambu mampu

meningkatkan sifat mekanis, tetapi menurunkan sifat fisis (Widyorini et al. 2017). Selain itu, Santoso et al. (2016, 2017) mulai mengembangkan perekat MD dalam pembuatan papan partikel dari pelepah nipa (*Nypa fruticans Wurm.*). Penggunaan perekat MD menghasilkan papan partikel dengan sifat mekanis yang baik dan sebanding dengan papan partikel yang dibuat dengan menggunakan perekat CA.

Perekat MD yang digunakan oleh Santoso et al. (2016, 2017) merupakan produk dari China yang memiliki harga yang relatif lebih mahal. Sementara itu, Melliawati dan Nuryati (2019) mengembangkan MD hasil proses enzim dari singkong (*Manihot esculenta*) dengan harga yang relatif murah dan ramah lingkungan. Penggunaan MD dengan proses enzim sebagai perekat ramah lingkungan belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas papan partikel bagas sorgum dengan menggunakan perekat MD hasil proses enzim dan dibandingkan dengan kualitas papan partikel yang dibuat dengan perekat alami dan sintetis lain.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan terdiri dari perekat asam sitrat (CA) dengan *solid content* (SC) 59%, perekat asam malat (MA) dengan SC 59% yang didapatkan dari PT. Telagasakti Sakatautama (Jakarta, Indonesia), perekat maltodextrin (MD) dengan SC 60% yang didapatkan dari Pusat Penelitian Bioteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bogor dan bagas sorgum manis (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) umur 85 hari yang didapatkan dari lahan percobaan di Kawasan Cibinong Science Center, Pusat Penelitian Biomaterial LIPI.

Persiapan Bahan Baku

Bagas sorgum dicacah menggunakan mesin *chipper* (Pallmann, German). Selanjutnya, digiling menjadi partikel-partikel yang lebih kecil menggunakan *ring flaker* (Pallmann, German), kemudian partikel disaring menggunakan saringan 4-14 mesh. Partikel yang sudah disaring lalu dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 60°C hingga mencapai kadar air kurang dari 5%.

Pembuatan Papan Partikel

Pembuatan papan partikel mengacu pada penelitian sebelumnya (Kusumah et al. 2016). Target kerapatan papan partikel yaitu 0,8 g/cm³. Partikel bagas sorgum ditimbang sesuai perhitungan kebutuhan bahan baku. Kadar perekat yang digunakan yaitu sebesar 20% terhadap berat kering bagas sorgum. Bahan baku kemudian dimasukkan ke dalam *mixer* dan disemprot dengan perekat menggunakan *spray gun* (Meiji, Japan). Setelah dicampur rata, bahan hasil pencampuran dengan perekat CA dan MA dimasukkan ke dalam oven pada suhu 80°C dan dikeringkan selama 12 jam hingga kadar air $\leq 5\%$. Selanjutnya bahan dimasukkan ke dalam cetakan berukuran 30 cm x 30 cm dengan diberi alas teflon dan sisinya diberi pembatas plat besi setebal 0,9 cm. Papan partikel kemudian dikempa panas selama 10 menit dengan suhu 200°C dan tekanan spesifik maksimum 5 MPa.

Pengkondisian dan Pengujian Papan Partikel

Pengkondisian dilakukan dengan menyimpan sampel pada suhu ruangan selama tujuh hari 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. Pengujian sifat fisis terdiri dari kerapatan, kadar air (MC), daya serap air (WA), dan pengembangan tebal (TS). Sementara itu, pengujian sifat

mekanis terdiri dari keteguhan lentur (MOE), keteguhan patah (MOR), keteguhan rekat (IB), dan kuat pegang sekrup (SH).

Pengujian kerapatan dilakukan menggunakan sampel berukuran 5 cm × 5 cm × 0,9 cm, dan diperoleh melalui perbandingan antara massa dan volume papan. Pengujian MC dilakukan menggunakan sampel berukuran 5 cm × 5 cm × 0,9 cm, dan dihitung dengan membandingkan massa awal (BB) dan massa akhir setelah pengeringan dalam oven selama 24 jam (BKT) pada suhu 103 ± 2°C.

Pengujian MOE dan MOR menggunakan sampel berukuran 20 cm × 5 cm × 0,9 cm, dan diuji menggunakan *Universal Testing Machine* (Shimadzu 50 kN, Japan) dengan kecepatan pembebanan 10 mm/menit. Pengujian IB menggunakan sampel berukuran 5 cm × 5 cm × 0,9 cm. Sampel direkatkan pada dua buah blok besi dengan lem epoksi dan dibiarkan mengering selama 24 jam. Kedua blok besi kemudian ditarik tegak lurus permukaan sampel sampai beban maksimum menggunakan *Universal Testing Machine* dengan kecepatan pembebanan 2 mm/menit. Pengujian SH dilakukan dengan menggunakan sampel berukuran 10 cm × 5 cm × 0,9 cm, dengan menancapkan sekrup sedalam 9 mm pada permukaan sampel. Sekrup selanjutnya ditarik menggunakan *Universal Testing Machine* dengan kecepatan pembebanan 2 mm/menit.

Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR) Spektroskopi

Bagas sorgum sebelum dan sesudah dibuat papan partikel dianalisis perubahan pita serapannya pada berbagai bilangan gelombang, analisis dilakukan dengan menggunakan FTIR (PerkinElmer 4000). Analisis sampel *Universal Attenuated Total Reflectance Accessory* (UATR) dilakukan dengan menempatkan 2 mg sampel. Seluruh spektra akan terekam pada kondisi suhu 24°C.

Analisis Data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 1 faktor. Faktor yang dianalisis yaitu jenis perekat dengan 3 taraf MD, MA, dan CA, 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*.

$$Y_i = \mu + A_i \epsilon_{ik}$$

Keterangan:

Y_i : Nilai respon pada taraf ke- i faktor jenis perekat

μ : Rataan umum

A_i : Pengaruh perbedaan jenis perekat pada taraf ke- i

ϵ_{ik} : Kesalahan (Galat I) percobaan pada perlakuan ke- i dan ulangan ke- k

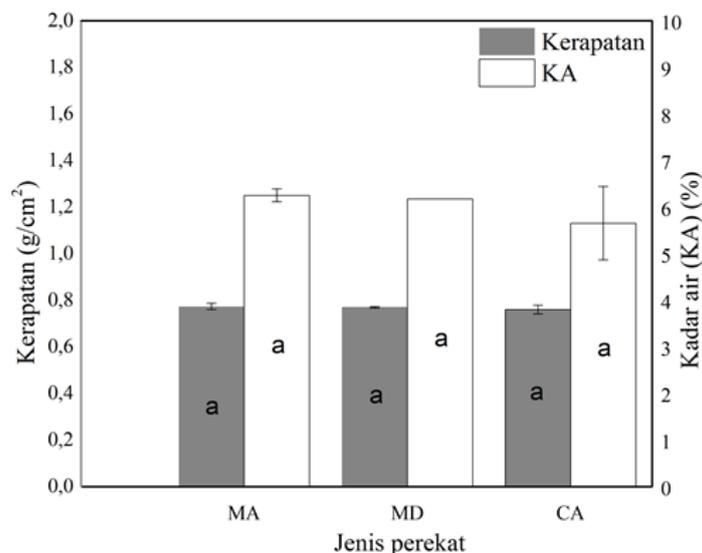
i : Perbedaan jenis perekat pada taraf perekat MD, CA, dan MA

k : Ulangan 1, 2, dan 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisis Papan Partikel

Kerapatan target papan partikel sebesar 0,8 g/cm³. Secara keseluruhan kerapatan papan partikel yang dibuat telah seragam, berkisar antara 0,76-0,77 g/cm³ (Gambar 1). Hal ini didukung oleh hasil analisis keragaman yang menunjukkan bahwa jenis perekat tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan partikel yang dihasilkan (Tabel 1). Kerapatan papan partikel yang disyaratkan oleh Standar JIS A 5908-2003 adalah 0,4-0,9 g/cm³. Dengan demikian, semua papan partikel memenuhi standar tersebut.



Gambar 1. Kerapatan dan MC papan partikel pada berbagai jenis perekat.

Hasil penelitian Iswanto et al. (2014) yang membuat papan partikel dari bagas sorgum dengan perekat urea-formaldehida (UF), fenol-formaldehida (PF), dan isosianat menghasilkan kerapatan papan partikel berkisar antara 0,68-0,81 g/cm³. Sementara itu, hasil penelitian Iswanto et al. (2016) menunjukkan bahwa kerapatan papan partikel campuran antara bagas sorgum dengan kayu dengan komposisi 50:50 menggunakan perekat UF berkisar antara 0,62-0,66 g/cm³. Bahan baku bagas sorgum yang digunakan pada penelitian ini memiliki kerapatan yang rendah yaitu sebesar 0,125 g/cm³ (Kusumah et al. 2016). Nilai *compression ratio* (nisbah kempa) papan partikel adalah 6,4. Sulastiningsih et al. (2017) dalam Maloney (1993) menyatakan untuk menghasilkan kontak yang baik di antara partikel, biasanya dibutuhkan nisbah kempa minimum 1,3.

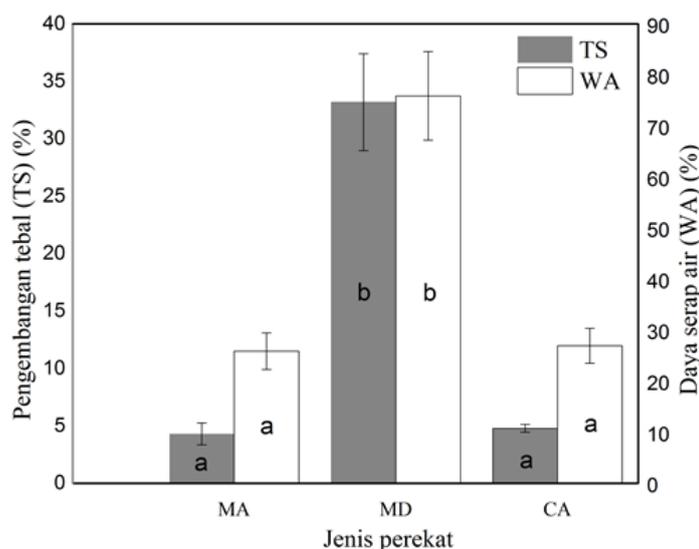
Tabel 1. Analisis ragam pengaruh jenis perekat terhadap sifat fisis papan partikel.

Sifat	Signifikansi ANOVA
Kerapatan	0,718 ^{tn}
Kadar air (MC)	0,301 ^{tn}
Daya serap air (WA)	0,000 ^{**}
Pengembangan Tebal (TS)	0,000 ^{**}

Keterangan: tn: tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%; **: berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%.

Kadar air (MC) rata-rata papan partikel yang dibuat dalam penelitian adalah sebesar 6,03% (Gambar 1). Secara keseluruhan, MC papan partikel dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan JIS A 5908-2003, karena nilainya tidak lebih dari 13%. Hasil penelitian Iswanto et al. (2016) menunjukkan bahwa MC papan partikel bagas sorgum yang diperkuat dengan anyaman bambu, vinir, dan strand bambu berkisar 4,14-7,84%. Sementara itu, hasil penelitian Iswanto et al. (2014) lainnya menunjukkan bahwa papan partikel bagas sorgum menggunakan perekat UF, PF, dan isosianat memiliki MC berkisar antara 2,92-11,06%. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis perekat tidak berpengaruh nyata terhadap MC papan partikel yang dihasilkan (Tabel 1) karena MC partikel bagas sorgum sebelum pembuatan papan partikel $\leq 5\%$, sehingga MC papan partikel dalam penelitian ini dapat disimpulkan memiliki nilai seragam.

Sorgum merupakan bahan lignoselulosa seperti kayu. Sulastiningsih et al. (2017) menyatakan bahwa bahan berlignoselulosa seperti kayu memiliki sifat higroskopis, yaitu mudah menyerap dan mengeluarkan air karena perubahan suhu dan kelembaban lingkungan. Oleh karena itu, sifat daya serap air (WA) dan pengembangan tebal (TS) papan partikel sangat penting untuk diketahui karena berpengaruh terhadap kestabilan dimensi papan partikel pada saat digunakan. WA papan partikel dalam penelitian ini berkisar 25,86-75,88% (Gambar 2). Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis perekat berpengaruh nyata terhadap WA papan partikel (Tabel 1). WA papan partikel menggunakan perekat MD dalam penelitian ini memiliki rata-rata 75,88% dan lebih tinggi dibanding dengan perekat komersil PF (51,24%) dan pMDI (35,26%) pada penelitian Kusumah et al. (2016). Selain itu, WA papan partikel dengan perekat MD lebih tinggi tiga kali dibanding perekat berbasis asam organik seperti CA dan MA. Penyebab tingginya WA papan partikel menggunakan perekat MD adalah perekat MD tidak menghasilkan ikatan ester dibandingkan perekat berbasis asam organik (CA dan MA) (Santoso et al. 2017). Namun, WA papan partikel bagas sorgum penelitian ini lebih baik dibandingkan penelitian Iswanto et al. (2014) dengan menggunakan perekat UF sebesar 124,33 %, Iswanto et al. (2016) sebesar 100%, dan Khazaeian et al. (2015) sebesar 115%. Selain itu, papan partikel yang menggunakan MD memiliki WA yang lebih rendah dibandingkan WA papan partikel pelepah nipa menggunakan perekat MD (Santoso et al. 2016; 2017) yang mencapai 100%.



Gambar 2. WA dan TS papan partikel pada berbagai jenis perekat.

Nilai TS papan partikel menggunakan perekat MD merupakan yang paling tinggi yaitu sebesar 33,18%, dan berbeda nyata (Tabel 1) dengan papan partikel menggunakan perekat MA dan CA sebesar 4,30% dan 4,78% (Gambar 2). Penyebab tingginya TS papan partikel menggunakan perekat MD sama seperti pada WA yang disebabkan oleh tidak adanya ikatan ester pada papan partikel menggunakan perekat MD (Santoso et al. 2017). TS papan partikel dalam penelitian ini sebanding dengan papan partikel bagas sorgum penelitian Iswanto et al. (2016) dengan menggunakan perekat UF yaitu berkisar 22,08-26,46% dan Khazaeian et al. (2015) sebesar 26,7%. Selain itu, papan partikel menggunakan perekat MD penelitian ini memiliki TS yang lebih rendah dibandingkan TS papan partikel pelepah nipa dengan perekat MD yang mencapai 40% dan 70% (Santoso et al. 2016; 2017). Standar JIS A 5908-2003 memberikan persyaratan untuk TS maksimum sebesar 12%, dengan demikian papan partikel menggunakan perekat MD dalam penelitian ini belum memenuhi standar tersebut. WA dan TS papan partikel berbasis asam organik seperti CA dan MA adalah yang

paling baik. Hasil ini sesuai dengan penelitian Kusumah et al. (2016) yang menunjukkan bahwa papan partikel dari bagas sorgum menggunakan perekat berbasis asam organik memiliki stabilitas dimensi yang baik. Perekat berbasis asam organik dapat mengurangi penyerapan air pada papan partikel selama proses perendaman. Hal itu diduga karena adanya ikatan ester antara gugus karboksil pada perekat berbasis asam organik dengan gugus hidroksil pada bahan baku berlignoselulosa.

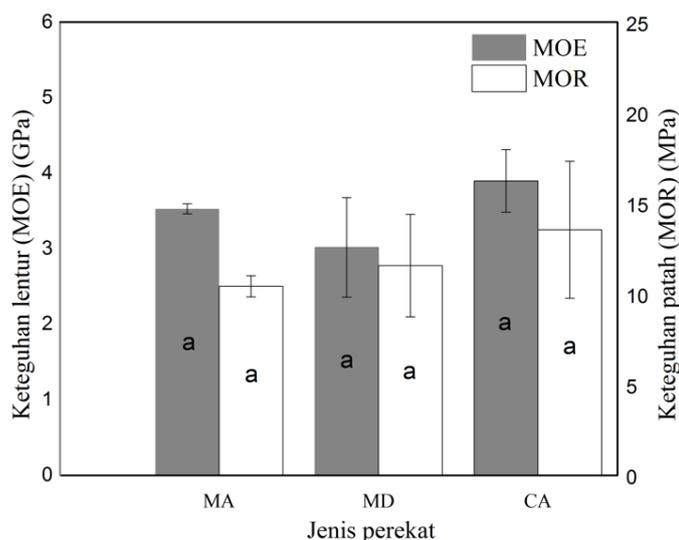
Sifat Mekanis Papan Partikel

Keteguhan lentur (MOE) papan partikel menggunakan perekat MD dalam penelitian ini sebesar 3 GPa dan sebanding dengan MOE papan partikel yang dibuat dengan menggunakan perekat MA dan CA (Tabel 2, Gambar 3), tetapi lebih kecil dibanding perekat komersil PF dan pMDI hasil penelitian Kusumah et al. (2016). Seragamnya MOE papan partikel dalam penelitian ini disebabkan oleh seragamnya panjang partikel bagas sorgum yang digunakan. Sulastiningsih et al. (2017) menyatakan bahwa karakteristik partikel yang digunakan berpengaruh terhadap MOE papan partikel. Hasil MOE penelitian ini lebih baik dibandingkan penelitian Iswanto et al. (2014) dengan menggunakan perekat UF sebesar 2 GPa, penelitian Khazaeian et al. (2015) sebesar 2,7 Gpa, dan penelitian Santoso et al. (2016; 2017) papan partikel menggunakan perekat MD sebesar 1,2 Gpa, dan 2,7 GPa. Standar JIS A 5908-2003 mensyaratkan MOE minimal papan partikel yaitu 2 GPa, dengan demikian papan partikel menggunakan perekat MD dalam penelitian ini sudah memenuhi standar tersebut.

Tabel 2. Analisis ragam pengaruh jenis perekat terhadap sifat mekanis papan partikel.

Sifat	Signifikansi ANOVA
Keteguhan lentur (MOE)	0,133 ^{tn}
Keteguhan patah (MOR)	0,425 ^{tn}
Keteguhan rekat (IB)	0,004 ^{**}
Kuat pegang sekrup (SH)	0,024 ^{**}

Keterangan: tn: tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%; **: berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%

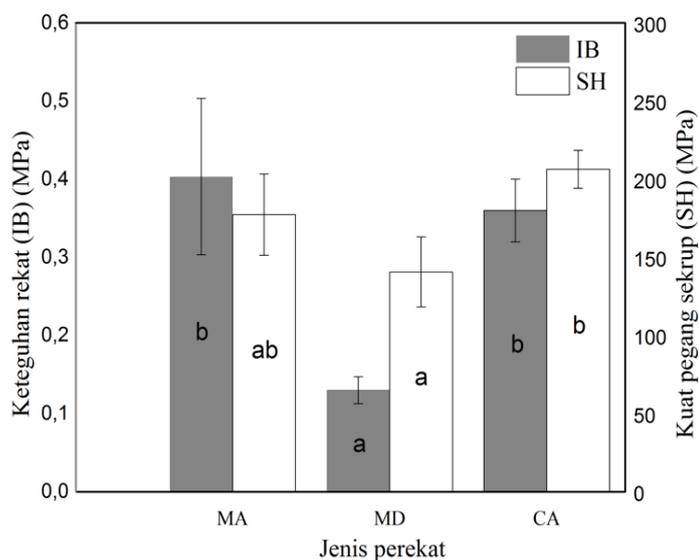


Gambar 3. MOE dan MOR papan partikel pada berbagai jenis perekat.

Keteguhan patah (MOR) papan partikel menggunakan perekat MD dalam penelitian ini sebesar 11,5 MPa (Gambar 3). MOR papan partikel menggunakan perekat MD lebih rendah

dibandingkan papan partikel menggunakan perekat PF dan pMDI penelitian Kusumah et al. (2016), tetapi sebanding atau tidak berbeda nyata dengan papan partikel yang dibuat dengan menggunakan perekat MA dan CA (Tabel 2). Sementara itu, MOR papan partikel bagas sorgum yang diperkuat dengan kayu penelitian Iswanto et al. (2016) berkisar 7,32-10,47 MPa dan penelitian Santoso et al. (2016; 2017) papan partikel pelepah nipa menggunakan perekat MD sebesar 4,5 MPa dan 10 MPa. Standar JIS A 5908-2003 mensyaratkan MOR minimal papan partikel tipe 8 yaitu 8 MPa, dengan demikian papan partikel menggunakan perekat MD yang dibuat dalam penelitian ini telah memenuhi standar tersebut.

Keteguhan rekat (IB) papan partikel menggunakan perekat MD dalam penelitian ini sebesar 0,13 MPa, dan lebih rendah (berbeda nyata) (Tabel 2) dibandingkan papan partikel yang dibuat dengan menggunakan perekat MA dan CA (Gambar 4). Penyebab rendahnya IB papan partikel menggunakan perekat MD sama seperti pada WA dan TS yang disebabkan oleh tidak adanya ikatan ester pada papan partikel menggunakan perekat MD (Santoso et al. 2017). Namun, IB papan partikel menggunakan perekat MD dalam penelitian ini sebanding dengan papan partikel bagas sorgum penelitian Iswanto et al. (2014) menggunakan perekat UF sebesar 0,15 MPa. Standar JIS A 5908-2003 mensyaratkan IB minimal papan partikel tipe 8 yaitu 0,15 MPa, dengan demikian IB papan partikel menggunakan perekat MD hasil penelitian ini belum memenuhi persyaratan standar tersebut.



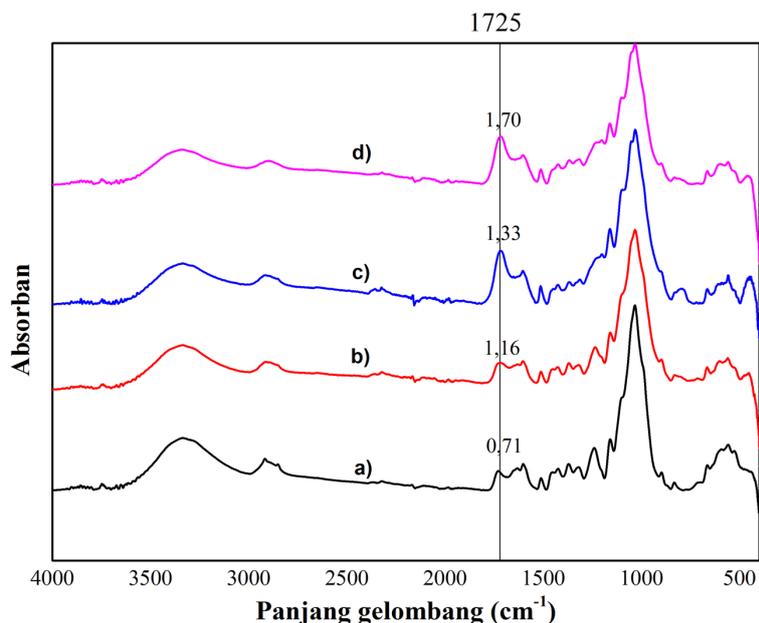
Gambar 4. IB dan SH papan partikel pada berbagai jenis perekat.

Kuat pegang sekrup (SH) papan partikel menggunakan perekat MD dalam penelitian ini sebesar 140 MPa dan lebih rendah dibanding papan partikel yang dibuat menggunakan perekat MA dan CA (Gambar 4). Penyebab rendahnya SH papan partikel menggunakan perekat MD sama seperti pada WA, TS, dan IB yang disebabkan oleh tidak adanya ikatan ester pada papan partikel menggunakan perekat MD (Santoso et al. 2017). Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis perekat berpengaruh nyata terhadap SH papan partikel (Tabel 2). Standar JIS A 5908-2003 mensyaratkan SH minimal papan partikel sebesar 300 N, dengan demikian SH papan partikel menggunakan perekat MD dalam penelitian ini tidak memenuhi standar tersebut.

Hasil Analisa FTIR spektroskopi

Analisis FTIR menunjukkan adanya pembentukan gugus fungsi ester hasil reaksi antara gugus karboksil MD, MA, dan CA dengan gugus hidroksil dari bagas sorgum yang tergambar dengan spektrum dengan panjang gelombang khas ester pada kisaran 1725 cm^{-1}

(Kusumah et al. 2016). Namun, perekat MD tidak menghasilkan ikatan ester (1,16) dibandingkan perekat MA (1,33) dan CA (1,70), sehingga WA, TS, IB, dan SH papan partikel menggunakan perekat MD kurang bagus dibandingkan papan partikel menggunakan perekat MA dan CA (Gambar 5). Analisis menggunakan FTIR tersebut menunjukkan bahwa perekat MA dan CA berperan terhadap pembentukan gugus ester melalui esterifikasi (Liao et al. 2016). Kusumah et al. (2016) juga melaporkan terjadi reaksi antara gugus karboksil dari CA dengan gugus hidroksil dari bahan lignoselulosa.



Gambar 5. Hasil FTIR bagas sorgum (a), papan partikel dengan perekat MD (b), papan partikel dengan perekat MA (c), papan partikel dengan perekat CA (d).

SIMPULAN

Papan partikel yang dibuat menggunakan perekat MD memiliki kerapatan, MC, MOE dan MOR yang baik dan telah memenuhi standar JIS A 5908-2003. Namun, papan partikel yang dibuat menggunakan perekat MD memiliki WA, TS, dan IB yang rendah dibanding papan partikel yang dibuat dengan perekat MA, CA, PF dan pMDI, tetapi memiliki sifat fisis dan mekanis yang sebanding dengan papan partikel yang dibuat dengan perekat UF.

DAFTAR PUSTAKA

- Chaturvedi, R., and 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
- FAO. 2017. *Annual Market Review 2016-2017-Forest Products*. Rome, Italia.
- FAS. 2020. *World Agricultural Production*. Washington DC.
- Ferdosian, F., Pan, Z., Gao, G., and Zhao, B. 2017. Bio-Based Adhesives and Evaluation for Wood Composites Application. *Polymers* 9(2). DOI: 10.3390/polym9020070
- Iswanto, A. H. 2014. Effect of Resin Type, Pressing Temperature and Time on Particleboard Properties made from Sorghum Bagasse. *Agriculture, Forestry and Fisheries* 3(2): 62. DOI: 10.11648/j.aff.20140302.12

- Iswanto, A. H., Azhar, I., Susilowati, A., and Ginting, A. 2016. Effect of Wood Shaving to Improve the Properties of Particleboard Made from Sorghum Bagasse. *International Journal of Materials Science and Applications* 5(2): 113–118. DOI: 10.11648/j.ijmsa.20160502.23
- Khazaeian, A., Ashori, A., and 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
- KLHK. 2018. *Data Perkembangan Deforestasi Tahun 1990-2017*. Jakarta, Indonesia.
- Kusumah, S. S., Arinana, A., Hadi, Y. S., Guswenrivo, I., Yoshimura, T., Umemura, K., Tanaka, S., and Kanayama, K. 2017a. 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., and Kanayama, K. 2017b. 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: 10.1007/s10086-016-1605-0
- Kusumah, S. S., Umemura, K., Yoshioka, K., Miyafuji, H., and 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*. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.01.042
- Liao, R., Xu, J., and Umemura, K. 2016. Low Density Sugarcane Bagasse Particleboard Bonded with Citric Acid and Sucrose: Effect of Board Density and Additive Content. *BioResources* 11(1): 2174–2185. DOI: 10.15376/biores.11.1.2174-2185
- Melliawati, R., and Nuryati, N. 2019. Production of Complex Amylase Enzymes from *Aspergillus Awamori* KT-11. Its Application to Hydrolyze Cassava and Taro Starch. *Bioscience* 3(2): 95. DOI: 10.24036/0201932106105-0-00
- Miyafuji, H., Yoshioka, K., Kanayama, K., Umemura, K., and Kusumah, S. S. 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* Elsevier B.V. 84: 34–42. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.01.042
- Pabendon, M. B., Sarungallo, R., and Mas'ud, S. 2012. Pemanfaatan Nira Batang, Bagas, dan Biji Sorgum Manis sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(3): 180–187. DOI: 10.21082/jpntp.v31n3.2012.p%25p
- Salem, M. Z. M., and 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
- Santoso, M., Widyorini, R., Agus Prayitno, T., and Sulisty, J. 2016. The Effects of Extractives Substances for Bonding Performance of Three Natural Binder on Nipa Fronds Particleboard. *KnE Life Sciences* 4(11): 227. DOI: 10.18502/cls.v4i11.3868
- Santoso, M., Widyorini, R., Prayitno, T. A., and Sulisty, J. 2017. Bonding Performance of Maltodextrin and Citric Acid for Particleboard made from Nipa Fronds. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. DOI: 10.5658/WOOD.2017.45.4.432
- Sulastiningsih, I. M., Indrawan, D. A., Balfas, J., and Santoso, A. 2017. Sifat Fisis dan Mekanis Papan Untai Berarah dari Bambu Tali (*Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz) Bamboo (*Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz). 35(3): 197–209. DOI: 10.20886/jphh.2017.35.3.197-209
- Umemura, K., Sugihara, O., and 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., and 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
- Widyorini, R., Umemura, K., Isnain, R., Putra, D. R., Awaludin, A., and Prayitno, T. A. 2016. Manufacture and Properties of Citric Acid-Bonded Particleboard made from Bamboo Materials. *European Journal of Wood and Wood Products*. DOI: 10.1007/s00107-015-0967-0
- Widyorini, R., Umemura, K., Kusumaningtyas, A. R., and Prayitno, T. A. 2017. Effect of Starch Addition on Properties of Citric Acid-Bonded Particleboard made from Bamboo. *BioResources* 12(4): 8068–8077. DOI: 10.15376/biores.12.4.8068-8077
- Zhang, J., Song, F., Tao, J., Zhang, Z., and Shi, S. Q. 2018. Research Progress on Formaldehyde Emission of Wood-Based Panel. *International Journal of Polymer Science* 2018. DOI: 10.1155/2018/9349721