



KARAKTERISTIK PAPAN PARTIKEL DARI AMPAS SAGU DAN PEREKAT ASAM SITRAT BERDASARKAN KERAPATAN PAPAN

(Characteristic Of Particle Board From Dregs Of Sago And Citric Acid Adhesive Based On Board Density)

Maya Lestari, Dina Setyawati, Nurhaida

Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Pontianak. Jl. Daya Nasional Pontianak 78124

E-mail : maya95lestari@gmail.com

Abstract

This research aimed to analyze the characteristic of particleboard from characteristics of dregs sago and citric acid adhesive based on board density. The research was conducted at Wood Workshop Laboratory, Wood Processing Laboratory, Faculty of Forestry, Tanjungpura University and Laboratory of PT. Duta Pertiwi Nusantara Pontianak. Citric acid adhesive was used with a concentration of 20 % based on the dry weight of sago dregs. The board sample target density where 0,5 gr/cm³, 0,6 gr/cm³, 0,7 gr/cm³. The board sampels were tested by JIS A 5908 - 2003 Type 8. The particleboard was 30 cm x 30 cm x 1 cm in hot pressure with temperature 180⁰c at 25 kgf/cm². The research result showed that all density value and water content of particleboard here fullfil the JIS A 5908 - 2003 Type 8 standard. The best particleboard in this research was a board with 0,7 gr/cm³ density.

Keywords: Citric Acid, Dregs of Sago, Density, Particleboard.

PENDAHULUAN

Kayu sebagai bahan baku utama industri perkayuan cenderung mengalami penurunan produksi, sedangkan permintaan kayu untuk bahan baku bangunan atau perabot rumah tangga semakin meningkat. Seiring dengan meningkatnya permintaan masyarakat, maka pemanfaatan bahan-bahan bukan kayu atau non kayu yang mengandung lignoselulosa mulai dikembangkan. Lignoselulosa bisa berasal dari limbah pertanian salah satunya adalah tanaman sagu.

Tanaman sagu (*Metroxylon spp*) merupakan tanaman asli dari Asia Tenggara, salah satunya Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil sagu terbesar dan memiliki areal

tanaman sagu sekitar 1.384 juta ha. Sebaran lahan pohon sagu di Indonesia terdapat di beberapa wilayah, yaitu Papua, Maluku, Riau, Sulawesi, dan Kalimantan (Badan Litbang Kehutanan 2007 dalam Syakir *et al* 2013). Sagu dikelola untuk mendapatkan patinya sebagai kebutuhan pangan masyarakat, disisi lain proses pengolahan pati sagu menghasilkan 3 jenis limbah, yaitu residu selular empulur sagu berserat (ampas), kulit batang sagu (*bark*), dan air buangan (*waste water*). Sampai saat ini limbah yang salah satunya adalah ampas sagu pemanfaatannya masih belum efektif. Limbah tersebut dapat mengakibatkan dampak negatif bagi lingkungan, untuk menghindari hal tersebut bisa dengan mengolah limbah ampas sagu menjadi produk bermutu



seperti papan partikel. Papan partikel berbahan dasar ampas sago diharapkan dapat memberikan keuntungan dalam bidang ekonomi, lingkungan, serta dapat memenuhi kebutuhan akan papan (Rahayu *et al.*, 2015).

Pembuatan papan partikel pada umumnya menggunakan perekat yang mengandung emisi formaldehida yang dapat mengganggu kesehatan. Salah satu cara untuk meminimalisir penggunaan perekat yaitu dengan menggunakan perekat alami non formaldehida, salah satu perekat alami yang dapat digunakan yaitu asam sitrat. Asam sitrat yang digunakan dalam pembuatan papan partikel memiliki peran sebagai pengaktif komponen kimia pada permukaan papan, sehingga mempunyai potensi sebagai perekat alami dan ramah lingkungan.

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kualitas papan yaitu kerapatan papan partikel. Penelitian Setyo dan Sudibyo, (2008) tentang variasi komposisi kerapatan partikel dan jumlah perekat terhadap karakteristik papan komposit limbah kayu aren dengan target kerapatan papan bervariasi dari 0,6 gr/cm³, 0,8 gr/cm³ dan 1,0 gr/cm³ dan konsentrasi perekatnya 10 %, 15 % dan 20 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mutu papan komposit yang terbaik pada variasi komposisi jumlah perekat urea formaldehida (UF) 20 % dan kerapatan 1,0 gr/cm³, akan tetapi berdasarkan pengujian sifat fisik dan mekanik papan komposit pada kerapatan 0,6 gr/cm³ yang dihasilkan telah memenuhi Standar Industri. Penelitian Abdurachman dan Hadjib (2011), pada pembuatan papan partikel

dari kayu kulit manis dengan target kerapatan 0,6 gr/cm³, 0,7 gr/cm³, dan 0,8 gr/cm³ dengan konsentrasi perekat 11,3 %, hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air, kerapatan, pengembangan tebal, keteguhan lentur, keteguhan rekat internal, dan kuat pegang sekrup papan partikel yang dihasilkan sudah memenuhi standar kecuali untuk kerapatan 0,6 gr/cm³ dan 0,7 gr/cm³ yang dibuat dengan serpih dan serbuk gergaji.

Pemanfaatan ampas sago dan perekat asam sitrat sebagai bahan baku papan partikel masih belum banyak dilaporkan. Penelitian bertujuan untuk menganalisa karakteristik papan partikel dari ampas sago dan perekat asam sitrat berdasarkan kerapatan papan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Kayu Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura untuk persiapan bahan baku dan Laboratorium Duta Pertiwi Nusantara (DPN) untuk pembuatan dan pengujian sampel. Penelitian ini dilaksanakan ± 4 bulan dari persiapan bahan baku sampai pengujian sifat fisik dan mekanik.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah ampas sago yang diambil dari industri pengolahan pati sago dijemur terlebih dahulu selama ± 2 minggu, sampai kondisi kering udara. Kemudian diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam (lolos 8 mesh tertahan 10 mesh). Partikel yang telah diayak kemudian dioven dengan suhu ± 60+3⁰ C sampai kadar airnya mencapai ± 7 %, kemudian dimasukkan ke dalam plastik



agar kadar air tetap konstan. Asam sitrat digunakan 20 % dari berat kering partikel, asam sitrat dilarutkan dahulu dalam aquades dengan rasio 2/3 setelah larut dipanaskan sampai suhu 60 °C.

Papan partikel dibuat dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm dengan target kerapatan 0,5 gr/cm³, 0,6 gr/cm³ dan 0,7 gr/cm³. Pencampuran ampas sago dan asam sitrat dilakukan secara manual, bahan-bahan yang telah dicampur tersebut dimasukkan ke dalam cetakan berukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm yang sudah diberi alas plat seng. Selanjutnya permukaannya ditutup dan kemudian diberi tekanan pendahuluan selama beberapa menit sampai campuran padat. Cetakan diangkat perlahan-lahan kemudian keempat sisi diberi cetakan diberi plat baja setebal 1 cm untuk memperoleh ketebalan yang diinginkan. Pengempaan dilakukan dengan suhu 180 °C selama 15 menit dengan tekanan ± 25 kg/cm², Widyorini 2012 *et al* (2012) tentang pengaruh konsentrasi asam sitrat dan suhu pengempaan terhadap kualitas papan partikel pelepah nipah yang dikempa pada

suhu 180°C dengan waktu 15 menit menghasilkan kualitas papan partikel yang optimal. Setelah dikempa papan komposit masih dalam keadaan panas dan lunak. Oleh sebab itu sebelum dikeluarkan dari cetakan, papan tersebut dibiarkan beberapa saat agar terjadi pendinginan dan pengerasan. Untuk menyeragamkan kadar air papan komposit dan melepaskan tegangan sisa yang terdapat dalam lembaran sebagai akibat pengempaan panas, maka dilakukan pengkondisian selama satu minggu.

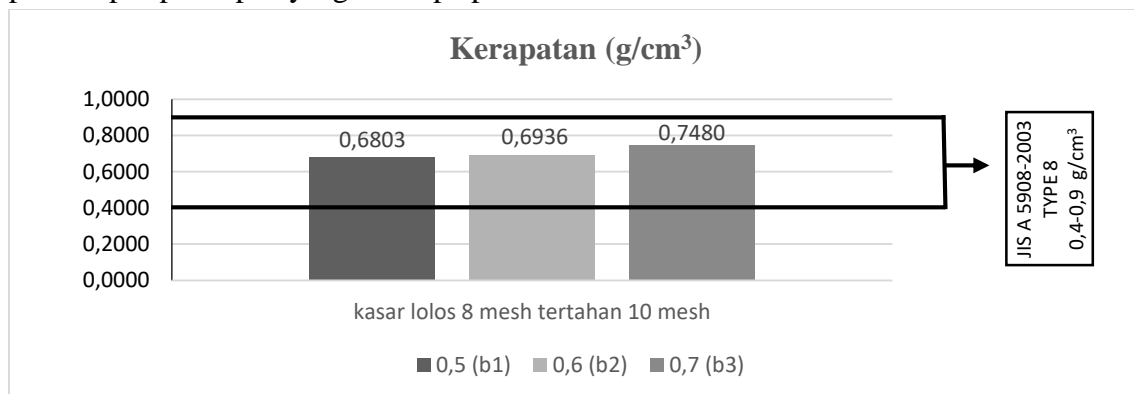
Kualitas papan komposit yang diuji meliputi sifat fisik dan mekanik, yaitu : kerapatan, kadar air, pengembangan tebal, daya serap air, keteguhan lentur (MOE), keteguhan patah (MOR), keteguhan rekat (IB), dan kuat pegang sekrup. Pengujian dilakukan berdasarkan standar JIS A 5908 – 2003 Type 8.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisik Papan Partikel

Kerapatan

Hasil pengujian kerapatan disajikan pada Gambar 1.



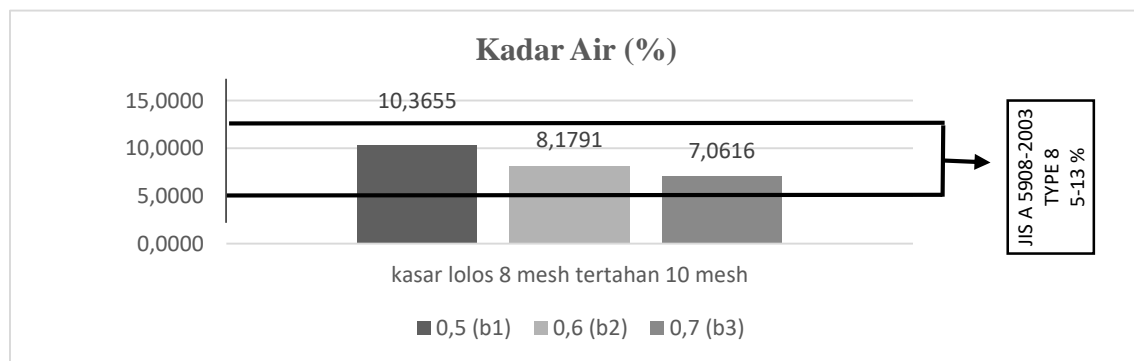
Gambar 1. Nilai Rerata Kerapatan (gr/cm³) Papan Partikel Ampas Sagu (The average density (gr/cm³) of particleboard made from dregs sago)

Secara umum hasil penelitain berkisar 0,6803-0,7480 g/cm³. Nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 Type 8. Hasil pengujian kerapatan papan partikel yang dihasilkan semua melebihi target kerapatan, sejalan dengan target kerapatan yang ditetapkan. Makin tinggi target kerapatan maka makin tinggi juga kerapatan yang dihasilkan hal ini

disebabkan kerapatan makin tinggi maka bahan baku yang digunakan juga makin banyak sehingga papan yang dihasilkan makin rapat. Abdurachman dan Hadjib (2011), menyatakan makin banyak bahan baku yang digunakan maka semakin tinggi kerapatan papan yang dihasilkan. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kerapatan berpengaruh nyata terhadap nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan.

Kadar air

Nilai rerata kadar air papan partikel disajikan pada Gambar 2.



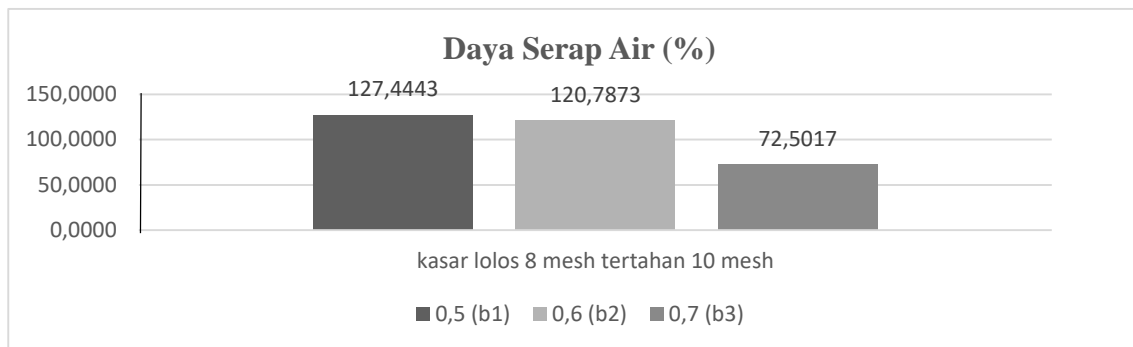
Gambar 2. Nilai Rerata Kadar Air (%) Papan Partikel Ampas Sagu (The average moisture content (%) of particleboard made from dregs sago)

Secara umum hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rerata kadar air yang dihasilkan berkisar 7,0616% - 10,3655%. Nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 Type 8. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kerapatan berpengaruh nyata terhadap kadar air papan partikel yang dihasilkan. Semakin tinggi kerapatan maka semakin rendah pula kadar air yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan dengan semakin tingginya kerapatan maka jumlah partikel yang menyusun papan partikel juga semakin banyak dan

membuat papan partikel semakin rapat sehingga papan tidak mudah menyerap air dari udara. Kadar air yang dihasilkan kurang dari 13 %, dengan demikian semua papan partikel yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi standar yang ditetapkan.

Daya Serap Air

Nilai rerata daya serap air papan partikel setelah perendaman 24 jam yang dihasilkan berkisar 127,4443%–72,5017%. Standar JIS A 5908-2003 Type 8 tidak mensyaratkan daya serap air.



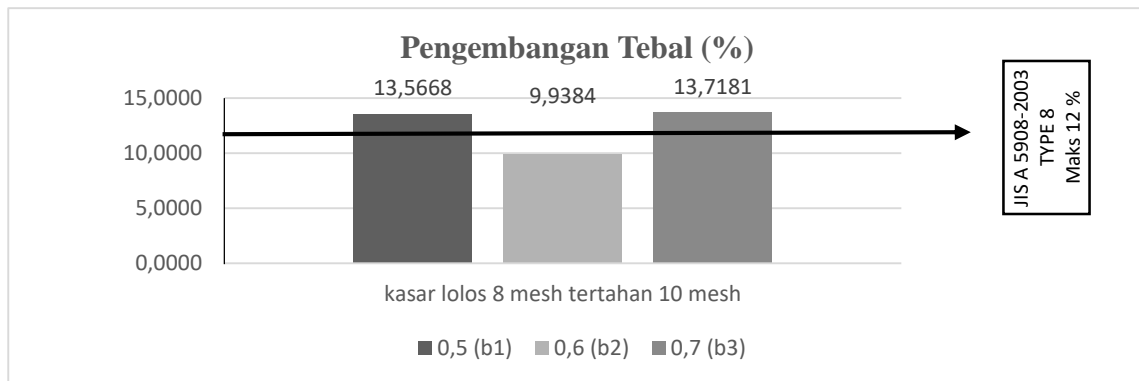
Gambar 3. Nilai Rerata Daya Serap Air Papan Partikel Ampas Sagu (The average water absorption (%) of particle board made from dregs sago)

Secara umum nilai rerata daya serap air papan partikel Gambar 3 menunjukkan bahwa, daya serap air papan partikel semakin kecil dengan semakin tingginya kerapatan. Hal ini diduga semakin tinggi kerapatan papan maka semakin rapat papan yang dihasilkan sehingga papan partikel lebih susah menyerap air. Menurut Kahfi (2007) dalam Sunarti *et al*, (2014), menyatakan bahwa pengembangan tebal dinilai dari daya serap air yang mana dipengaruhi oleh volume ruang kosong yang dapat menampung air diantara partikel, luas permukaan partikel dan luasnya partikel yang ditutupi perekat serta dalamnya penetrasi perekat kedalam partikel. Tingginya nilai daya serap air disebabkan oleh sifat dari bahan baku

ampas sagu. Ampas sagu dapat dengan mudah menyerap dan menyimpan air karena tingginya nilai kadar hemiselulosanya. Menurut Mariani (2010) tingginya kadar hemiselulosa yang dikandung menjadi fleksibel dan berpengaruh pada tingginya penyerapan air.

Pengembangan Tebal

Nilai rerata pengembangan tebal papan partikel setelah perendaman 24 jam yang dihasilkan berkisar 13, 5668 – 9,9384 (%). Standar JIS A 5908 – 2003 Type 8, mensyaratkan nilai pengembangan tebal papan partikel maksimal (12%). Hasil pengujian pengembangan tebal disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Nilai Rerata Pengembangan Tebal Papan Partikel Ampas Sagu (The average of development of thickness (%) of particleboard made from dregs sago)

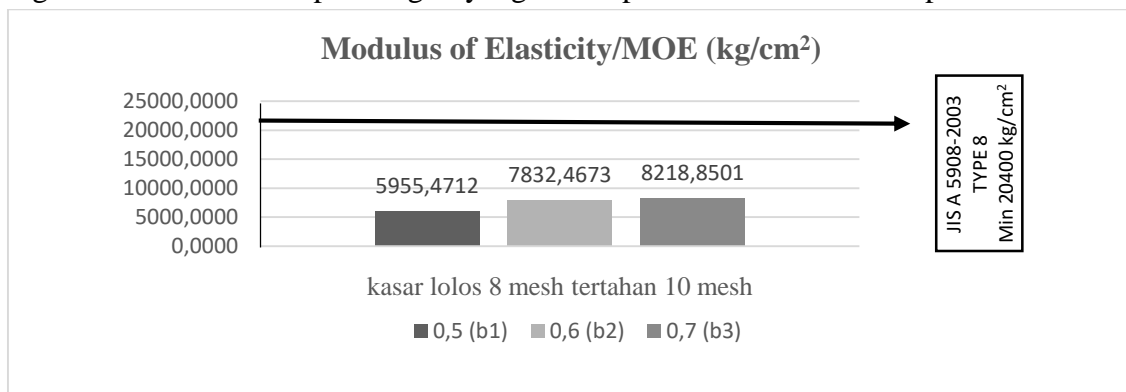
Pada umumnya semakin tinggi sifat pengembangan tebal papan partikel semakin tinggi pula daya serap airnya. Nilai pengembangan tebal papan partikel pada penelitian ini bervariasi pada kerapatan yang berbeda yaitu pada kerapatan 0,5 g/cm³ nilai pengembangan tebalnya lebih tinggi dibandingkan kerapatan 0,6 g/cm³ sedangkan kerapatan 0,7 g/cm³ lebih tinggi dari keduanya. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kerapatan papan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai pengembangan tebal papan partikel. Hal ini diduga karena bahan baku yang digunakan adalah ampas sago yang

bersifat higroskopis sehingga penyerapan air tinggi yang mengakibatkan nilai pengembangan tebal cukup tinggi juga.

Haygreen dan Bowyer (1986) menyatakan bahwa semakin tinggi nilai daya serap air maka semakin tinggi pula nilai pengembangan tebal papan partikel yang dihasilkan. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan, dimana nilai daya serap air tinggi sedangkan nilai pengembangan tebalnya rendah.

Sifat Mekanik Papan Partikel
Modulus Elastisitas (MOE)

Nilai MOE papan partikel pada penelitian ini dicantumkan pada Gambar 5.



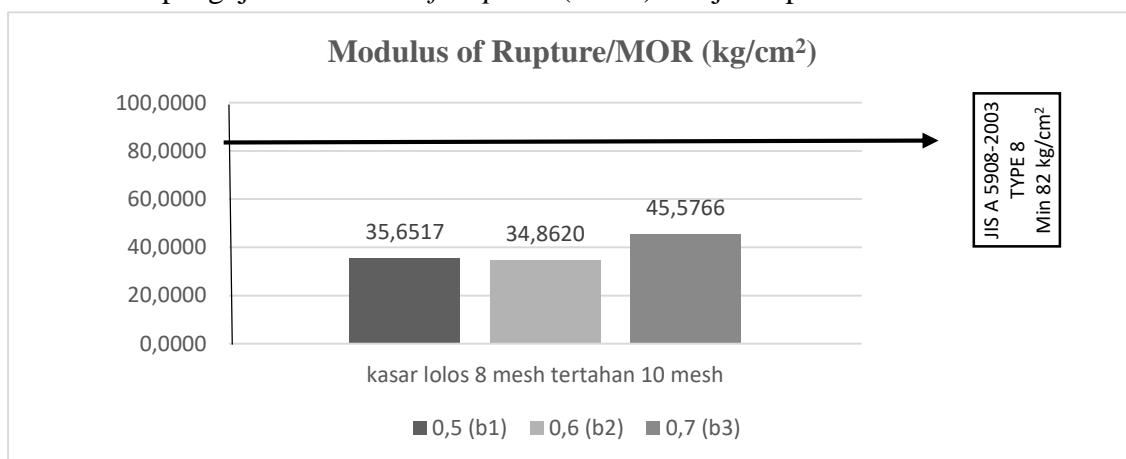
Gambar 5. Nilai Rerata MOE (kg/cm²) Papan Partikel Ampas Sagu (The average MOE (kg/cm²) of particleboard made from dregs sago)



Secara umum nilai MOE papan partikel meningkat dengan makin tinggi target kerapatan papan. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kerapatan memberikan pengaruh nyata terhadap MOE papan partikel. Hal ini disebabkan makin tinggi kerapatan kemampuan papan untuk menahan beban lebih kuat. Sejalan dengan penelitian Setyo (2008), yang menyatakan semakin tinggi kerapatan yang digunakan maka semakin tinggi pula nilai MOE yang dihasilkan.

Nilai MOE papan partikel pada penelitian ini masih rendah dibanding **Modulus Patah (MOR)**

Hasil pengujian *Modulus of Rupture (MOR)* disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai Rerata MOR (kg/cm²) Papan Partikel Ampas Sagu (The average MOR (kg/cm²) of particle board made from dregs sago)

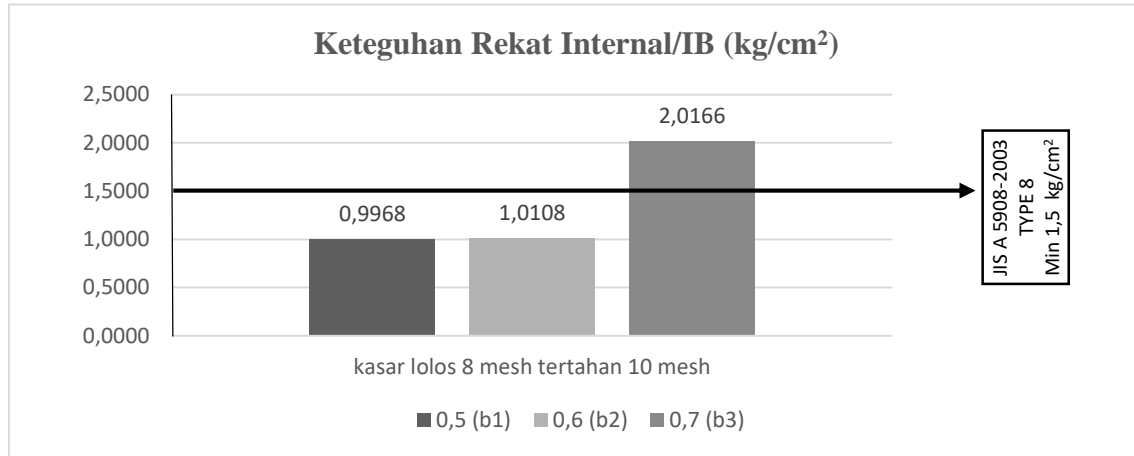
Secara umum hasil penelitian menunjukkan nilai MOR papan partikel semakin tinggi kerapatan yang digunakan maka nilai keteguhan patahnya tinggi. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kerapatan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap MOR papan partikel. Hal ini diduga tingginya kerapatan maka susunan partikel papan menjadi padat sehingga makin tinggi pula nilai

standar JIS. Hal ini karena bahan baku yang digunakan adalah ampas sagu menurut Kiat dalam Jumentara (2011), ampas sagu memiliki kandungan selulosa yang rendah serta zat ekstraktif yang tinggi sehingga mengganggu proses perekatan dan mengurangi kekuatan papan partikel. *Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908 – 2003 Type 8*, mensyaratkan nilai modulus elastisitas papan komposit minimal 20400 kg/cm², maka semua papan partikel yang dihasilkan tidak memenuhi standar JIS A 5908 – 2003 Type 8.

keteguhan patahnya. Sejalan dengan hasil penelitian Kuswarini (2009), yang menyatakan susunan partikel memberikan pengaruh terhadap sifat keteguhan patah papan partikel. *Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908 – 2003 Type 8*, mensyaratkan nilai modulus MOR papan partikel minimal 82 kg/cm², maka semua papan partikel yang dihasilkan tidak memenuhi standar JIS A 5908 – 2003.

Keteguhan Rekat Internal (IB)

Hasil pengujian keteguhan rekat internal (Internal Bonding/IB) disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai Rerata IB (kg/cm²) Papan Partikel Ampas Sagu (The average IB (kg / cm²) of particleboard made from dregs sago)

Secara umum nilai rerata keteguhan rekat internal (IB) papan partikel secara umum hasil penelitian menunjukkan bahwa papan partikel menggunakan kerapatan 0,5 g/cm³, 0,6 g/cm³ dan 0,7 g/cm³ mempengaruhi nilai keteguhan rekat papan partikel. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kerapatan memberikan pengaruh nyata terhadap keteguhan rekat papan partikel. Hal ini diduga semakin tinggi kerapatan papan yang digunakan maka semakin tinggi pula nilai keteguhan rekat internal yang dihasilkan. Faktor lain yang dapat mempengaruhi nilai keteguhan rekat adalah ikatan antar partikel didalam papan yang semakin kompak dengan ukuran partikel yang semakin halus, sehingga keteguhan rekat papan menjadi semakin kuat.

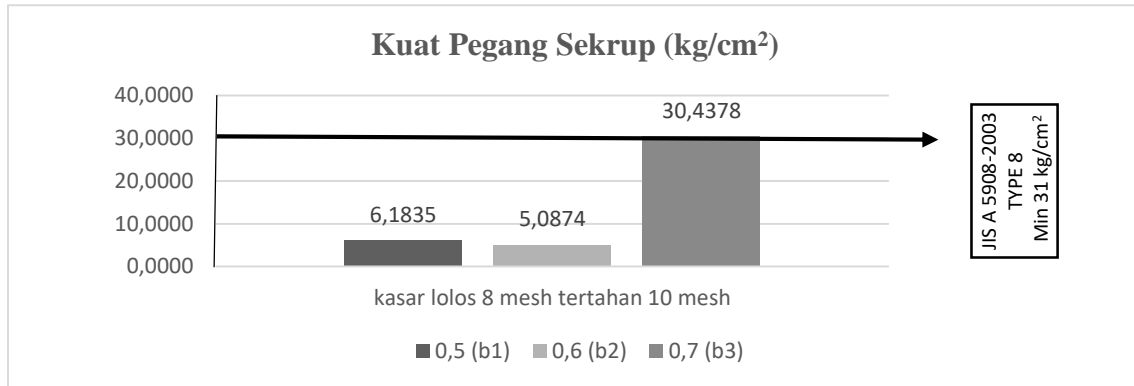
Haygreen dan Bowyer (1986), menyatakan bahwa ikatan internal

merupakan ukuran tunggal tentang kualitas pembuatan suatu papan karena menunjukkan kekuatan ikatan antar partikel. Nilai keteguhan rekat akan lebih baik dengan semakin tingginya kerapatan papan yang digunakan dalam pembuatan papan partikel. Mikael *et al.*, (2015), menyatakan Semakin seimbang (seragam) komposisi partikel yang digunakan, maka keteguhan rekatnya akan semakin baik.

Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908 – 2003 Type 8, mensyaratkan nilai keteguhan rekat internal papan partikel minimal 1,5 kg/cm². Hasil penelitian papan partikel dengan kerapatan 0,7 g/cm³ yaitu 2,0166 kg/cm² telah memenuhi standar JIS yang disyaratkan sedangkan yang lainnya tidak memenuhi standar JIS.

Kuat Pegang Sekrup

Nilai kuat pegang sekrup papan partikel pada penelitian ini dicantumkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Nilai Rerata Kuat Pegang Sekrup (kg/cm²) Papan Partikel Ampas Sagu (The average screw holding strength (kg/cm²) of particleboard made from dregs sago).

Secara umum hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rerata kuat pegang sekrup papan partikel berkisar antara 5,0874 kg/cm² – 30,4378 kg/cm². Kerapatan 07 g/cm³ memiliki nilai kuat pegang sekrup lebih tinggi dibanding dengan papan partikel menggunakan kerapatan 0,5 g/cm³ dan 0,6 g/cm³. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kerapatan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kuat pegang sekrup papan partikel. Hal ini diduga tingginya nilai kerapatan maka kepadatan papan yang dihasilkan semakin padat. *Japanese Industrial Standard* (JIS) A 5908 – 2003 Type 8, mensyaratkan nilai kuat pegang sekrup papan partikel minimal 31 kg. Nilai kuat pegang sekrup dalam penelitian ini berkisar antara 4,4214 kg/cm² – 30,4378 kg/cm², dengan demikian semua nilai kuat pegang sekrup papan partikel ampas sagu tidak memenuhi standar JIS A 5908 – 2003 yang disyaratkan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbedaan kerapatan papan berpengaruh nyata terhadap nilai kerapatan, kadar air, daya serap air, MOE, MOR, IB, dan kuat pegang sekrup, namun tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal.
2. Sifat fisik papan partikel telah memenuhi standar JIS A 5908 – 2003 Type 8 yaitu kerapatan, kadar air, pengembangan tebal pada kerapatan 0,6 gr/cm³, sedangkan untuk sifat mekanik papan partikel telah memenuhi standar JIS A 5908 – 2003 Type 8 yaitu keteguhan rekat pada kerapatan 0,7 gr/cm³.
3. Papan partikel terbaik pada kerapatan 0,7 gr/cm³ dimana kerapatan, kadar air, dan keteguhan rekat yang telah memenuhi standar JIS A 5908 – 2003 Type 8.



SARAN

Perlu adanya perlakuan pendahuluan untuk mengurangi kandungan ekstraktif yang tinggi pada ampas sagu. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai variasi kerapatan dari $0,7 \text{ g/cm}^3$ – $0,9 \text{ g/cm}^3$ terhadap papan partikel ampas sagu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, Hadjib N. 2011. Sifat Papan Partikel dari Kayu Kulit Manis (*Cinnamomum burmanii* BL). Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Vol. 29, No. 2.
- Haygreen JG, Bowyer J.L. 1986. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Gadjah Mada University. Yogyakarta.
- JIS A 5908-2003. *Particleboard*. Japanese Industrial Association. Japan.
- Jumantara BA. 2011. Modifikasi Selulosa Ampas Sagu dengan Polimerisasi Pencangkakan dan Penautan-Silangan. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Industri. Vol. 3, No. 3.
- Mariani Y. 2010. Komposisi Kimia Batang Pandan Mengkuang (*Pandanus atrocarpus* Griff) Sebagai Bahan Baku Alternatif Pulp. Jurnal Penelitian Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Maulana D, Dirhamsyah, Setyawati D. 2015. Karakteristik Papan Partikel Dari Batang Pandan Mengkuang (*Pandanus atrocarpus* Griff) Berdasarkan Ukuran dan Konsentrasi Ureaformaldehida. Jurnal Hutan Lestari. Vol. 3, No. 2.
- Mikael I, Hartono R, Sucipto T. 2015. Kualitas Papan Partikel dari Campuran Ampas Tebu dan Partikel Mahoni dengan Berbagai Variasi Kadar Perekat Phenol Formaldehida. Jurnal Fakultas Kehutanan Universitas Sumatra Utara.
- Puspita R. 2008. Papan Partikel Tanpa Perekat Sintetis (*Binderless Particle Board*) dari Limbah Industri Penggergajian. Skripsi Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Rahayu M, Widayani. 2015. Studi Awal Pembuatan Komposit Papan Serat Berbahan Dasar Ampas Sagu. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung.
- Setyo NIH, Sudibyo GH. 2008. Variasi Komposisi Kerapatan Partikel dan Jumlah Perekat Terhadap Karakteristik Papan Komposit Limbah Kayu Aren-Serbuk Gergaji. Vol.4, No. 2.
- Sunarti, Setyawati D, Nurhaida, Diba F. 2014. Sifat Fisik Mekanik dan Keawetan Papan Partikel Dari Limbah Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jack). Jurnal Hutan Lestari. Vol. 2, No. 3.
- Suroto. 2010. Pengaruh Ukuran dan Konsentrasi Perekat Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Limbah Rotan. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan. Vol.2, No.2.
- Syakir M, Karmawati E. 2013. Potensi Tanaman Sagu (*Metroxylon spp.*) Sebagai Bahan Baku Bioenergi. Vol. 12, No. 2.