

SIFAT FISIK DAN MEKANIK PAPAN PARTIKEL DARI CANGKANG BUAH JARAK PAGAR

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PARTICLEBOARD FROM SHELL OF JATROPHA FRUIT

Dede Hermawan¹, Ana Agustina¹, Ono Suparno², Ika Amalia Kartika^{2)*}

¹Departemen Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB
Jl. Lingkar Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

²Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB
Kampus IPB Darmaga P.O. Box 220, Bogor 16002
E-mail: ikatk@yahoo.com

Makalah: Diterima 22 Agustus 2014; Diperbaiki 27 Januari 2015; Disetujui 10 Februari 2015

ABSTRACT

The jatropha shell is a by-product from jatropha oil production. It is a potential cellulosic material for particleboard because of its high fiber content (40%). The purposes of this study were to determine the physical and mechanical properties of the particleboard produced from the jatropha shell, and to investigate the effect of the adhesive agent concentration on the particleboard quality. The adhesive agents used were phenol formaldehyde (12, 14 and 16%) and urea formaldehyde (10, 12 and 14%). The physical and mechanical properties of the particleboard were examined using JIS A 5908-2003. The results showed that the phenol formaldehyde as adhesive agent could improve the dimensional stability and mechanical properties of the particleboard. An increase of adhesive agent concentration increased modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bond and wood screw holding power of particle board, and decreased water content, water absorption and thickness swelling of particleboard. Most of the physical and mechanical properties of the jatropha shell particleboard obtained in this study did not meet JIS A 5908-2003, and was not appropriate to be used as a construction material.

Keywords: Jatropha shell, particleboard, phenol formaldehyde, urea formaldehyde

ABSTRAK

Cangkang buah jarak pagar merupakan salah satu produk samping (*by-product*) dari pengolahan buah jarak pagar menjadi minyak, yang saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Sebagai bahan berlignoselulosa, cangkang buah jarak pagar memiliki potensi sebagai bahan baku papan partikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik papan partikel dari cangkang buah jarak pagar dan pengaruh perlakuan variasi kadar perekat terhadap kualitas papan partikel. Jenis perekat yang digunakan adalah fenol formaldehida (12, 14 dan 16%) dan urea formaldehida (10, 12 dan 14%). Standar pengujian yang digunakan adalah JIS A 5908-2003. Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan partikel yang menggunakan perekat fenol formaldehida mampu meningkatkan kestabilan dimensi dan sifat mekanis papan. Semakin tinggi kadar perekat yang ditambahkan, kekuatan lentur, keteguhan patah, keteguhan rekat dan kuat pegang sekrup papan partikel semakin meningkat, sedangkan kadar air, daya serap air dan pengembangan tebal papan partikel cenderung menurun. Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari cangkang buah jarak pagar secara umum belum memenuhi syarat JIS A 5908-2003, dan belum dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku konstruksi.

Kata kunci : cangkang jarak pagar, papan partikel, fenol formaldehida, urea formaldehida

PENDAHULUAN

Jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan tanaman potensial penghasil bahan bakar minyak alternatif pengganti solar atau biodiesel. Produktivitas tanaman jarak pagar dapat mencapai 3-5 kg biji per pohon per tahun, dengan tingkat populasi tanaman 2500-3300 pohon per hektar (Priyanto, 2007). Keuntungan penggunaan minyak jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel adalah dapat menjaga kebersihan lingkungan. Emisi gas sulfur (SO_x), nitrogen (NO_x) dan karbon hasil pembakaran biodiesel dari minyak jarak pagar jauh lebih kecil dibandingkan minyak solar. Hal tersebut

mengakibatkan pemakaian biodiesel dari minyak jarak pagar pun semakin meningkat.

Produksi biodiesel di Indonesia pada tahun 2009 adalah sebesar 16200 barel/hari, dan meningkat setiap tahunnya dengan rata-rata peningkatan sebesar 11.7% per tahun (Silitonga *et al.*, 2011). Di masa mendatang produksi biodiesel di Indonesia akan terus meningkat seiring dengan peningkatan ketersediaan bahan baku seperti minyak jarak pagar. Proyeksi produksi biodiesel berbasis minyak jarak pagar pada tahun 2010 dan tahun-tahun berikutnya diperkirakan sebesar 2250000 ton. Di lain pihak, kebutuhan biodiesel di Indonesia adalah sekitar 2% dari total bahan bakar yang digunakan (batu bara,

gas, BBM) per tahun, dan diperkirakan permakaianya akan terus meningkat. Peningkatan pemakaian biodiesel tersebut meningkatkan produk samping (*by product*) yang dihasilkan dari pengolahan minyak, sehingga diperlukan usaha pemanfaatan produk samping tersebut menjadi produk yang mempunyai nilai tambah tinggi dan memiliki nilai ekonomi bagi masyarakat.

Permintaan papan partikel dari tahun ke tahun terus meningkat seiring dengan peningkatan penggunaan papan partikel di berbagai sektor terutama sektor perumahan, bangunan dan *furniture*. Pada tahun 2010, Indonesia mengimpor 213442 ton papan partikel, dan volume impor komoditas tersebut meningkat 163% pada tahun 2011. Papan partikel pada umumnya diproduksi dari partikel kayu atau bahan berserat lainnya yang diikat dengan perekat organik atau sintesis (Maloney, 1993). Industri papan partikel umumnya menggunakan urea formaldehida (UF) atau fenol formaldehida (FF) sebagai perekat dalam pembuatannya dengan kadar sekitar 10-20% (Tsoumis, 1991).

Saat ini bahan baku untuk memproduksi papan partikel tidak sebatas dari kayu ataupun limbah kayu seiring dengan semakin terbatas dan tingginya harga kayu. Pemanfaatan bahan berlignoselulosa lainnya terutama bahan yang dianggap limbah maupun hasil ikutan (*by product*) telah banyak dikembangkan sebagai bahan baku papan partikel, contohnya seperti dari bagase (Widyorini *et al.*, 2005), pelepah pisang (Quintana *et al.*, 2009), tandan kosong kelapa sawit (Hashim *et al.*, 2010; Hashim *et al.*, 2011a,b; Baskaran *et al.*, 2012), jerami gandum (Mo *et al.*, 2001; Wang dan Sun, 2002; Mo *et al.*, 2003), sekam padi (Ciannanea *et al.*, 2010), bungkil tanaman bunga matahari (Evon *et al.*, 2010), sabut kelapa (van Dam *et al.*, 2004a,b), kenaf (Okuda dan Sato, 2004; Okuda *et al.*, 2006), dan lain-lain. Cangkang buah jarak pagar merupakan salah satu bahan berlignoselulosa (> 50%) yang memiliki potensi sebagai bahan baku papan partikel. Selama ini cangkang buah jarak pagar belum dimanfaatkan secara optimal sehingga nilai tambahnya masih rendah. Pemanfaatannya baru sebatas untuk pupuk organik (Sharma *et al.*, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik papan partikel dari cangkang buah jarak pagar. Selain itu, juga untuk mengetahui pengaruh perlakuan variasi kadar perekat terhadap kualitas papan partikel.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang buah jarak pagar yang diperoleh dari Kebun Induk Jarak Balitri-Kementan Pakuwon-Sukabumi, serta perekat urea dan fenol formaldehida yang diperoleh dari PT. Palmolite Adhesive Industri. Kadar padatan (resin) untuk urea

dan fenol formaldehida masing-masing adalah sebesar 44% dan 51%. Urea formaldehida yang digunakan dalam penelitian ini tergolong perekat yang kurang tahan terhadap air dan kondisi ekstrim sehingga banyak digunakan untuk keperluan interior. Alat-alat yang digunakan adalah bak pencampur partikel dan perekat (*blender*), penyemprot perekat (*spray gun*), pencetak papan, plat aluminium, pengempa panas, ember plastik (wadah), oven, *disk flaker*, desikator, alat pemotong, jangka sorong, kaliper, timbangan elektrik, dan *Universal Testing Mechine* (Instron 3369). Pelarut dan bahan-bahan kimia yang digunakan adalah teknis dan *analytical grade*, yang diperoleh dari Sigma-Aldrich dan Brataco, Indonesia.

Metode

Karakterisasi Cangkang Buah Jarak Pagar

Bahan baku dipersiapkan dengan pengeringan cangkang buah jarak pagar untuk mengurangi kadar airnya hingga $\pm 10\%$. Cangkang buah jarak pagar kering kemudian dikarakterisasi dengan menganalisis kadar air (AOAC 1995, 950.46), kadar minyak (SNI 01-2891-1992), kadar abu (AOAC 1995, 923.03), kadar protein (AOAC 1995, 991.20), kadar serat kasar (SNI-01-2891-1992) dan kadar karbohidrat (*by difference*).

Pembuatan Papan Partikel

Cangkang dihancurkan hingga halus (± 20 mesh) dengan menggunakan *hammer mill*, dan sejumlah tertentu bahan kemudian dicampur dengan perekat. Jenis perekat yang digunakan adalah fenol formaldehida dengan kadar 12, 14 dan 16% dari total berat bahan dan urea formaldehida dengan kadar 10, 12 dan 14% dari total berat bahan. Adapun jumlah perekat yang ditambahkan ke dalam bahan (g) dihitung menggunakan rumus berikut: [kadar perekat (%) x total berat bahan (g)]/[100% + kadar perekat (%)]. Campuran bahan dan perekat dimasukkan ke dalam cetakan berukuran 25 cm x 25 cm x 1 cm, dan hasil cetakan selanjutnya dikempa selama 15 menit pada tekanan 25 kgf/cm² dan suhu 130°C untuk perlakuan dengan perekat fenol formaldehida sedangkan untuk perlakuan dengan perekat urea formaldehida dikempa pada suhu 110°C dan tekanan 25 kgf/cm² selama 10 menit. Kerapatan papan ditargetkan sebesar 0,7 g/cm³.

Perlakuan lainnya yang dilakukan pada penelitian ini adalah penurunan pH cangkang sebelum cangkang tersebut digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan papan partikel, khususnya dengan perekat urea formaldehida. pH cangkang buah jarak pagar yang digunakan pada penelitian ini sebesar 10,15. Hal ini berarti cangkang buah jarak pagar tersebut bersifat basa. Menurut Maloney (1993), urea formaldehida memiliki pH sekitar 7-8 dan performa perekatannya baik pada kondisi asam (pH 4,6-5). Penurunan pH cangkang dilakukan dengan menggunakan metode yang dikembangkan

oleh Iswanto (2013), yaitu dengan cara merendam cangkang dalam larutan asam asetat teknis 1% selama 24 jam. Dengan perlakuan tersebut pH cangkang dapat diturunkan menjadi sekitar 5-6. Cangkang selanjutnya ditiriskan, dikeringkan hingga kadar airnya $\pm 10\%$ dan diperkecil ukurannya menggunakan *hammer mill*.

Papan partikel yang dihasilkan dikondisikan pada suhu ruang selama 14 hari, dan selanjutnya dipotong pada ukuran tertentu sesuai dengan tujuan pengujian yang dilakukan. Ukuran contoh uji disesuaikan dengan standar pengujian JIS A 5908-2003 tentang papan partikel. Paramater-parameter fisik dan mekanik yang diuji meliputi kadar air, kerapatan, pengembangan tebal, daya serap air, keteguhan patah (*modulus of rupture*, MOR), kekuatan lentur (*modulus of elasticity*, MOE), keteguhan rekat internal (*internal bond*, IB) dan kuat pegang sekrup.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri dari satu faktor yaitu variasi kadar perekat dengan tiga taraf perlakuan perekat 12, 14 dan 16% untuk perekat fenol formaldehida dan 10, 12 dan 14% untuk perekat urea formaldehida, baik untuk cangkang dengan pH rendah maupun cangkang tanpa perlakuan penurunan pH. Model matematik untuk RAL satu faktor adalah sebagai berikut (Montgomery, 2001):

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

dimana Y_{ij} adalah nilai pengamatan karena pengaruh faktor perbedaan kadar perekat pada taraf ke- i dan ulangan ke- j ; μ adalah rata-rata umum; τ_i adalah pengaruh perlakuan kadar perekat pada taraf ke- i ; dan ε_{ij} adalah pengaruh acak pada perlakuan kadar perekat taraf ke- i ulangan ke- j .

Penelitian dilakukan dengan 2 kali ulangan, dan untuk setiap ulangan papan partikel diproduksi secara duplo. Untuk mengetahui pengaruh antar taraf faktor tersebut, data yang diperoleh dianalisis keragamannya menggunakan $\alpha = 0,05$ dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan menggunakan aplikasi SPSS 16.0. Untuk mengetahui perbedaan kualitas papan partikel yang dihasilkan dari perlakuan dengan perekat urea formaldehida dan fenol formaldehida, analisis perbandingan rata-rata (*independent-samples t test*) dilakukan pada papan partikel dengan kadar perekat 12% dan 14%. Sedangkan untuk mengetahui perbedaan kualitas papan partikel yang dihasilkan dengan perekat urea formaldehida dengan atau tanpa perlakuan penurunan pH cangkang sebelumnya, analisis perbandingan rata-rata (*independent-samples t test*) dilakukan pada seluruh perlakuan kadar perekat untuk papan partikel (10, 12 dan 14%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Cangkang Buah Jarak Pagar

Cangkang buah jarak pagar yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kadar air 9,8%, kadar minyak 0,7%, kadar protein 4,9%, kadar abu 31,5%, kadar serat 39,8% dan kadar karbohidrat (*by difference*) 13,3%. Dengan demikian, serat merupakan komponen utama cangkang buah jarak pagar. Serat merupakan komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin yang terkandung dalam suatu bahan. Menurut Iswanto (2013), serat cangkang buah jarak pagar terdiri dari 48,61% selulosa, 7,99% hemiselulosa dan 21,45% lignin. Kandungan ketiga komponen tersebut dalam suatu bahan yang akan digunakan sebagai bahan baku untuk papan partikel akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik papan partikel yang dihasilkannya. Hal tersebut karena sifat higroskopis yang dimiliki oleh ketiga komponen tersebut. Banyaknya gugus hidroksil bebas pada molekul selulosa dan hemiselulosa mengakibatkan afinitasnya terhadap air dan potensinya untuk membentuk ikatan hidrogen tinggi, sehingga keduanya bersifat higroskopis (Ahmadi, 1990). Sebaliknya lignin hanya memiliki sedikit gugus hidroksil bebas, sehingga lignin kurang bersifat higroskopis. Dengan demikian, tingginya kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin dalam cangkang buah jarak pagar ini kemungkinan akan menghasilkan papan partikel dengan daya serap air yang tinggi dan MOR yang relatif rendah.

Komponen lainnya yang terkandung dalam cangkang buah jarak pagar adalah air, lemak, protein, abu dan karbohidrat. Komponen-komponen tersebut dapat digolongkan sebagai ekstraktif karena dapat larut dalam pelarut organik atau air. Menurut Maloney (1993), pada pembuatan papan partikel kandungan ekstraktif dalam suatu bahan berpengaruh pada konsumsi perekat dan laju pematangannya, menghalangi pembasahan dan mengakibatkan terjadinya *blowing* pada saat pengempaan, selain pada keasamannya. Keasaman atau kebasahan bahan dapat mempengaruhi ikatan pada perekat, serta ikatan bahan dengan perekat. Selain itu, menurut Iswanto (2013), tingginya kandungan ekstraktif pada cangkang buah jarak pagar menjadi penghalang penetrasi perekat dan menyebabkan penurunan sifat keterbasahan cangkang. Ekstraktif dapat memblokir saluran noktah dalam sel, sehingga dapat mengurangi permeabilitas dan menghambat penetrasi perekat dalam struktur sel. Lebih lanjut, pada saat pengempaan panas ekstraktif akan bermigrasi ke permukaan substrat, sehingga keterbasahannya untuk bereaksi dengan perekat menjadi menurun. Dengan demikian, kandungan komponen-komponen selain serat dalam cangkang buah jarak pagar juga akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik papan partikel yang dihasilkannya.

Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel

Berikut sifat fisik dan mekanik papan partikel cangkang buah jarak pagar yang dihasilkan dari penelitian ini.

Kerapatan

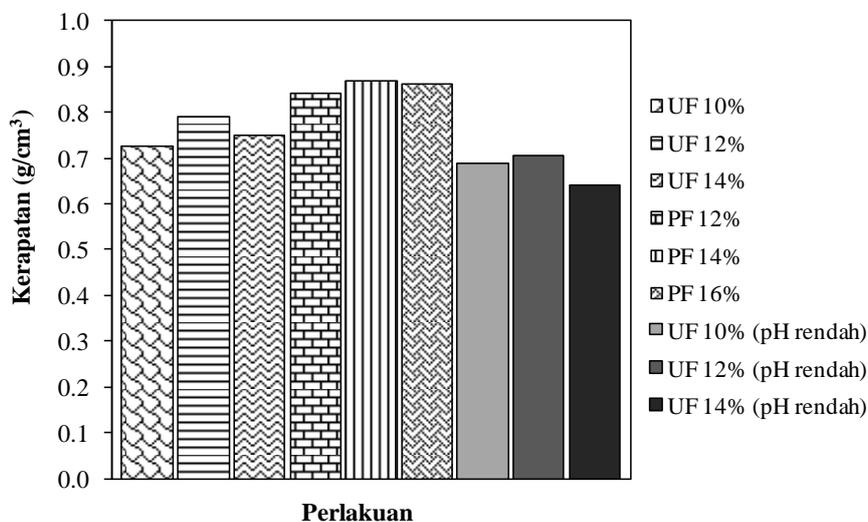
Kerapatan merupakan salah satu faktor penting yang sangat mempengaruhi sifat-sifat papan yang dihasilkan dan menjadi dasar dalam penggunaan suatu produk (Bowyer *et al.*, 2003). Kerapatan papan partikel cangkang buah jarak pagar dengan perekat fenol formaldehida (PF) berkisar antara 0,8-0,9 g/cm³, sedangkan dengan perekat urea formaldehida (UF) berkisar antara 0,7-0,8 g/cm³ dan 0,6-0,7 g/cm³ untuk cangkang dengan pH rendah (Gambar 1).

Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa kadar perekat tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan partikel untuk seluruh perlakuan yang diuji. Hasil uji t menunjukkan bahwa perekat fenol formaldehida dan urea formaldehida menghasilkan kerapatan papan partikel yang berbeda secara signifikan, khususnya papan yang diproduksi dari cangkang dengan pH rendah. Papan partikel yang diproduksi dengan perekat fenol formaldehida kerapatannya lebih tinggi dibandingkan dengan perekat urea formaldehida. Perlakuan penurunan pH cangkang tidak mempengaruhi kerapatan papan partikel yang diproduksi dengan perekat urea formaldehida. Dengan atau tanpa perlakuan penurunan pH cangkang, kerapatan papan partikel yang dihasilkan tidak berbeda secara signifikan.

Kerapatan merupakan suatu ukuran kekompakan partikel dalam suatu papan partikel, dan sangat tergantung pada kerapatan bahan yang digunakan dan tekanan yang diberikan selama pengempaan selain pada porositasnya, yaitu proporsi volume rongga kosong. Semakin tinggi kerapatan

papan partikel maka akan semakin tinggi sifat keteguhannya. Berdasarkan hasil penelitian ini, cangkang buah jarak pagar bersifat basa (pH 10,15). Menurut Iswanto (2013), hal itu disebabkan oleh senyawa-senyawa seperti amonium bikarbonat, mercaptomethane, 2,6 - dimethoxyfenol, dan cyclopropyl carbinol. Adanya senyawa-senyawa tersebut menyebabkan pencampurannya dengan fenol formaldehida lebih baik dibandingkan dengan urea formaldehida. Sebagaimana diketahui perekat fenol formaldehida memiliki perekatan yang baik pada kondisi basa. Fenol formaldehida kemungkinan dapat bercampur lebih merata dengan bahan, sehingga proporsi volume rongga kosong di antara bahan menjadi lebih kecil dan jumlah yang dapat bertahan di dalam struktur sel pun menjadi lebih besar. Menurut Ahmadi (1990), fenol formaldehida memiliki viskositas cukup rendah sehingga mudah untuk berpenetrasi ke dalam pori-pori mikro kayu (selulosa), yang secara mekanis bertindak sebagai jangkar. Gugus polarnya mampu membentuk ikatan hidrogen yang kuat dengan gugus hidroksil kayu (selulosa). Jadi ada interaksi dwikutub yang kuat selain gaya sekunder (gaya *van der Waals*). Oleh karena itu, kerapatan papan partikel yang dihasilkan dengan perekat fenol formaldehida lebih tinggi dibandingkan dengan urea formaldehida, walaupun cangkang tersebut diturunkan pHnya menjadi asam.

Sebagian besar papan partikel yang dihasilkan dari penelitian ini mempunyai kerapatan lebih tinggi dari yang ditargetkan (0,7 g/cm³). Hanya cangkang dengan pH rendah yang dapat menghasilkan papan partikel dengan kerapatan sesuai target. Namun demikian, kerapatan seluruh papan partikel yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi syarat JIS A 5908-2003, yaitu berkisar antara 0,40-0,90 g/cm³.



Gambar 1. Kerapatan papan partikel cangkang buah jarak pagar yang dihasilkan dari berbagai perlakuan

Kadar Air

Kadar air papan partikel cangkang buah jarak pagar berkisar antara 10-17% (Gambar 2). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa kadar perekat hanya berpengaruh nyata terhadap kadar air papan partikel pada perlakuan perekat fenol formaldehida dan urea formaldehida dengan pH cangkang rendah. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan, kadar air papan partikel dengan perekat fenol formaldehida 14 dan 16% berbeda nyata dan lebih rendah nilainya dari perlakuan perekat 12%. Demikian halnya kadar air papan partikel dengan perekat urea formaldehida 12 dan 14% berbeda nyata dan lebih rendah nilainya dari perlakuan perekat 10%. Kadar air papan partikel terendah diperoleh dari perlakuan dengan perekat fenol formaldehida 16% (11,2%).

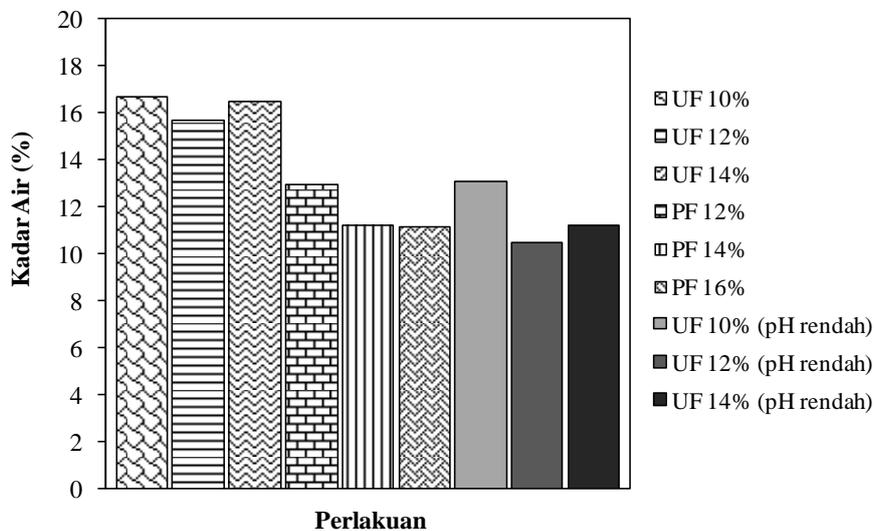
Berdasarkan hasil uji t, kadar air papan partikel dengan perekat fenol formaldehida dan urea formaldehida dengan pH cangkang rendah tidak berbeda signifikan, khususnya pada kadar perekat 14%. Namun demikian, kadar air papan partikel dari kedua perlakuan tersebut berbeda signifikan dan lebih rendah nilainya dari perlakuan dengan perekat urea formaldehida tanpa penurunan pH cangkang. Kadar air papan partikel yang diproduksi dengan perekat urea formaldehida dan cangkang tanpa perlakuan penurunan pH juga berbeda signifikan dan lebih tinggi nilainya dari perlakuan cangkang dengan pH rendah.

Kadar air papan partikel dengan perekat fenol formaldehida lebih rendah dibandingkan dengan perekat urea formaldehida, dan nilainya cenderung menurun dengan meningkatnya jumlah perekat fenol formaldehida yang ditambahkan. Peningkatan jumlah perekat urea formaldehida tidak mempengaruhi kadar air papan partikel yang dihasilkan dari cangkang tanpa perlakuan penurunan pH. Kadar air papan partikel dengan perekat urea

formaldehida dapat diturunkan nilainya secara signifikan dengan menurunkan pH cangkang yang digunakan sebagai bahan bakunya.

Berdasarkan hasil penelitian Iswanto (2013), perlakuan pendahuluan perendaman cangkang buah jarak pagar dalam larutan asam asetat 1% mampu menurunkan kadar ekstraktif (< 10%) dan pH (5-6). Hal tersebut meningkatkan kemampuan perekat urea formaldehida untuk menembus dinding sel dan polimerisasi perekat urea formaldehida menjadi maksimal, sehingga aksesibilitas uap air dapat menurun akibat proses peretakan berlangsung dengan baik. Pada kondisi asam, jumlah gugus reaktif O-H meningkat yang menyebabkan gugus fungsi dari urea formaldehida semakin mudah berikatan dan berpolimerisasi. Lebih lanjut Iswanto (2013) menjelaskan bahwa perlakuan pendahuluan dengan menggunakan asam asetat akan menyebabkan hemiselulosa terhidrolisis. Hal tersebut dapat mengakibatkan peningkatan porositas bahan, dan penetrasi perekat pun meningkat sehingga menghasilkan daya rekat dan distribusi perekat yang lebih baik. Pada kondisi tersebut, aksesibilitas uap air dan pergerakan air menjadi terbatas sehingga nilai kadar airnya pun menjadi rendah.

Kadar air papan partikel sangat bergantung pada kondisi udara di sekelilingnya. Papan partikel terbuat dari bahan yang berlignoselulosa tinggi sehingga bersifat higroskopis, yang akan mengabsorpsi atau mendesorpsi uap air dari atau ke udara sekelilingnya. Kadar air papan partikel akan semakin rendah dengan semakin meningkatnya jumlah perekat yang ditambahkan. Hal ini karena rongga antar partikel semakin rapat sehingga aksesibilitas uap air ke dalam papan partikel akan semakin sulit.



Gambar 2. Kadar air papan partikel cangkang buah jarak pagar yang dihasilkan dari berbagai perlakuan

Kadar air papan partikel menjadi faktor penting terutama dalam menjaga stabilitas dimensi papan. Fenomena yang umumnya terjadi adalah semakin tinggi kerapatan papan partikel, maka kadar air yang terkandung di dalamnya semakin rendah (Setiawan, 2008). Fenomena serupa juga teramati pada penelitian ini, khususnya pada papan partikel yang dibuat dari perlakuan dengan perekat fenol formaldehida. Kerapatan papan partikel dengan kadar perekat 14 dan 16% ($0,87 \text{ g/cm}^3$) lebih tinggi dibandingkan dengan kadar perekat 12% ($0,85 \text{ g/cm}^3$), tetapi kadar air papan partikel dengan kadar perekat 14 dan 16% (11%) lebih kecil dibandingkan dengan kadar perekat 12% (13%). Xu *et al.* (2004) menyatakan bahwa stabilitas dimensi papan partikel meningkat signifikan seiring meningkatnya kerapatan papan. Papan partikel yang memiliki kerapatan yang tinggi, partikelnya akan semakin kompak dan padat sehingga tidak banyak terdapat rongga atau pori di antara jalinan partikel yang dapat diisi oleh air (Kollman *et al.*, 1975).

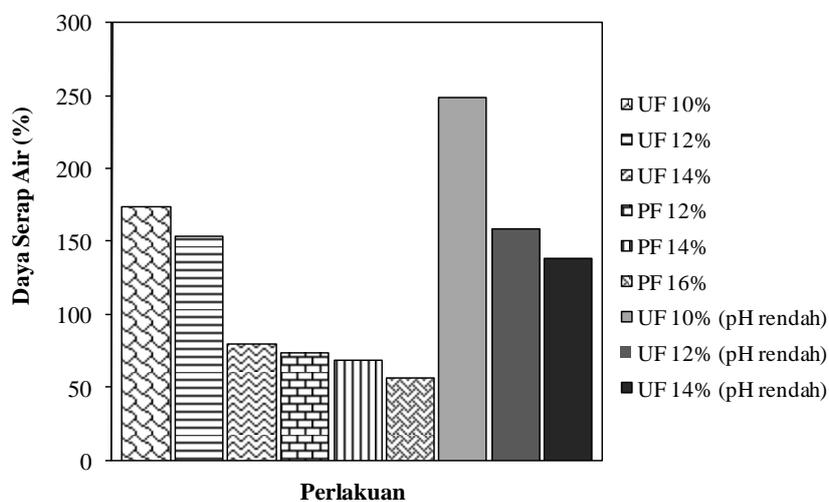
JIS A 5908-2003 mensyaratkan kadar air papan partikel berkisar antara 5-13%. Dengan demikian kadar air papan partikel dari cangkang buah jarak pagar yang memenuhi syarat standar JIS A 5908-2003 adalah papan partikel dengan kadar perekat fenol formaldehida $\geq 14\%$ dan kadar perekat urea formaldehida dengan pH cangkang rendah $\geq 12\%$, sedangkan papan partikel yang dihasilkan dari perlakuan lainnya belum memenuhi persyaratan JIS. Selain mempengaruhi kekuatan mekanik papan partikel, kadar air juga mempengaruhi ketahanannya terhadap serangan mikroorganisme, contohnya seperti jamur (Maloney, 1993). Dengan demikian nilainya harus dipertahankan rendah.

Daya Serap Air

Daya serap air merupakan salah satu sifat fisik papan partikel yang menunjukkan kemampuan papan partikel dalam menyerap air. Hasil pengujian

daya serap air papan partikel selama 24 jam berkisar antara 57-250% (Gambar 3). Papan partikel dengan perekat fenol formaldehida mempunyai daya serap air jauh lebih rendah ($< 75\%$) dibandingkan papan partikel dengan perekat urea formadehida, baik yang diproduksi dari cangkang tanpa perlakuan penurunan pH ($> 80\%$) maupun dengan perlakuan penurunan pH ($> 138\%$). Peningkatan jumlah perekat yang ditambahkan cenderung menurunkan daya serap air papan partikel yang dihasilkan. Penurunan daya serap air yang signifikan teramati ketika kadar perekat urea formaldehida $> 12\%$ untuk cangkang tanpa perlakuan penurunan pH dan $> 10\%$ untuk cangkang dengan pH rendah. Penurunan pH cangkang tidak memberikan pengaruh yang positif terhadap daya serap air papan partikel dimana nilainya tetap tinggi.

Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa kadar perekat berpengaruh nyata terhadap daya serap air papan partikel setelah perendaman selama 24 jam baik dengan perekat fenol formaldehida maupun urea formaldehida. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan, pada kasus pH cangkang rendah papan partikel dengan kadar perekat urea formaldehida 10% berbeda nyata dan lebih tinggi nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 12 dan 14%. Sedangkan pada kasus cangkang tanpa perlakuan penurunan pH, papan partikel dengan kadar perekat urea formaldehida 10 dan 12% berbeda nyata dan lebih tinggi nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 14%. Papan partikel dengan kadar perekat fenol formaldehida 16% berbeda nyata dan lebih rendah nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 12 dan 14%. Daya serap air papan partikel terendah diperoleh dari perlakuan dengan perekat fenol formaldehida 16% (57,1%), dan nilainya lebih rendah dibandingkan dengan daya serap air papan partikel komersial berbasis kayu (65%) (Hidayat *et al.*, 2014).



Gambar 3. Daya serap air papan partikel cangkang buah jarak pagar yang dihasilkan dari berbagai perlakuan

Berdasarkan hasil uji t, daya serap air papan partikel dengan perekat fenol formaldehida dan urea formaldehida hanya berbeda secara signifikan pada perlakuan pH cangkang rendah saja, sedangkan pada perlakuan-perlakuan lainnya tidak berbeda secara signifikan. Perlakuan penurunan pH cangkang memberikan pengaruh yang negatif terhadap daya serap air papan partikel dengan perekat urea formaldehida dimana nilainya lebih tinggi dan berbeda secara signifikan dibandingkan dengan papan yang dihasilkan dari cangkang tanpa perlakuan penurunan pH. Walaupun kerapatan papan partikel yang dihasilkan dari kedua perlakuan tersebut tidak berbeda secara signifikan atau seragam, namun kadar air papan partikel yang dihasilkan dari kedua perlakuan tersebut berbeda secara signifikan dimana kadar air papan partikel yang dihasilkan dari cangkang dengan pH rendah lebih rendah nilainya. Hal tersebut yang menyebabkan daya serap air papan partikel yang dihasilkan dari perlakuan tersebut lebih tinggi nilainya karena persentase volume ruang kosong yang tidak terisi airnya lebih tinggi.

Penyerapan air papan partikel sangat dipengaruhi oleh faktor volume ruang kosong yang dapat menampung air di antara partikel, adanya saluran kapiler yang menghubungkan ruang kosong, dan luas permukaan partikel yang dapat ditutupi perekat serta dalamnya penetrasi perekat ke dalam partikel. Pada penelitian ini, papan partikel dengan daya serap air terendah diperoleh dari perlakuan dengan kadar perekat fenol formaldehida tertinggi (16%). Perlakuan tersebut juga menghasilkan papan partikel dengan kadar air terendah dan kerapatan tinggi. Pada standar JIS A 5908, daya serap air tidak dipersyaratkan. Namun demikian, papan partikel

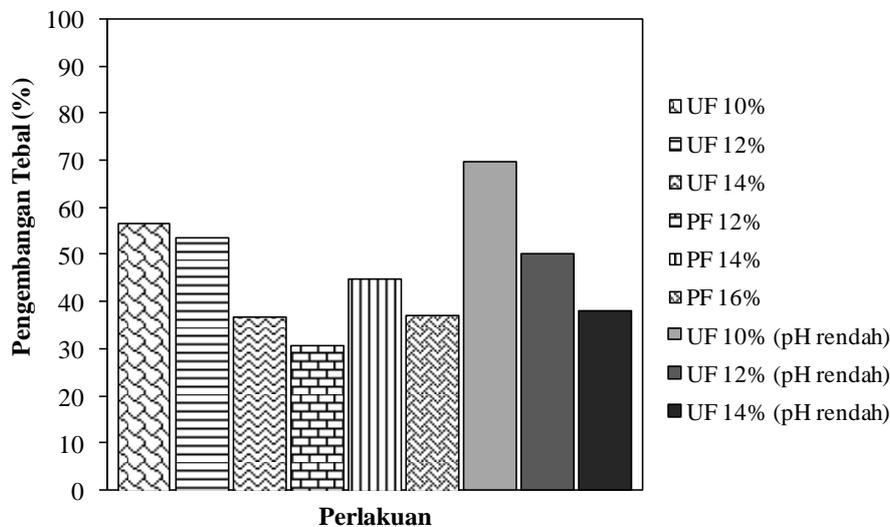
dengan daya serap air rendah akan lebih tahan lama dan disukai konsumen.

Pengembangan Tebal

Hasil pengujian pengembangan tebal papan partikel selama 24 jam berkisar antara 30-70% (Gambar 4). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa kadar perekat hanya berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal papan partikel setelah perendaman selama 24 jam pada perlakuan dengan perekat fenol formaldehida dan urea formaldehida dengan pH cangkang rendah. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan, kadar perekat urea formaldehida 10% berbeda nyata dan lebih tinggi nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 12 dan 14%. Papan partikel dengan kadar perekat fenol formaldehida 12, 14 dan 16% memberikan nilai yang berbeda secara signifikan satu terhadap lainnya.

Berdasarkan hasil uji t, pengembangan tebal papan partikel dengan perekat urea formaldehida dan fenol formaldehida berbeda secara signifikan untuk seluruh perlakuan yang diuji. Demikian halnya dengan atau tanpa perlakuan penurunan pH cangkang juga menghasilkan pengembangan tebal papan partikel dengan perekat urea formaldehida yang berbeda secara signifikan, kecuali untuk kadar perekat 10%.

Berdasarkan Gambar 4, papan partikel dengan perekat fenol formaldehida mempunyai pengembangan tebal lebih rendah (31-45%) dibandingkan papan partikel dengan perekat urea formadehida (37-70%). Seperti halnya daya serap air (Gambar 3), peningkatan jumlah perekat yang ditambahkan cenderung menurunkan pengembangan tebal papan partikel yang dihasilkan.



Gambar 4. Pengembangan tebal papan partikel cangkang buah jarak pagar yang dihasilkan dari berbagai perlakuan

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, perendaman cangkang buah jarak pagar dalam larutan asam asetat 1% mengakibatkan pH cangkang menurun dari 10,15 menjadi sekitar 6,5. Pada kondisi asam dan panas, selulosa dan formaldehida dari resinnya akan mengalami reaksi esterifikasi (He dan Riedl, 2004). Senyawa hidroksimetil akan bereaksi untuk mengaktivasi oligomer urea membentuk bismetilena eter atau jembatan metilena, dan hal tersebut akan mengakibatkan penurunan pengembangan tebal papan partikel. Namun demikian, pada penelitian ini papan partikel yang dihasilkan dari cangkang dengan pH rendah mempunyai pengembangan tebal yang tetap tinggi. Hal ini mungkin disebabkan karena perekat urea formaldehida yang digunakan pada penelitian ini merupakan perekat yang tidak tahan terhadap air.

Sifat pengembangan tebal papan partikel berkorelasi positif dengan sifat daya serap air. Semakin tinggi daya serap air papan partikel, semakin tinggi pula pengembangan tebalnya. Hal ini karena air yang diserap papan partikel akan mempengaruhi pengembangan volume partikel-partikelnya. Fenomena seperti ini banyak teramati pada penelitian-penelitian sebelumnya, seperti pada papan partikel dari tandan kosong kelapa sawit (Hashim *et al.*, 2010; Hashim *et al.*, 2011a,b; Baskaran *et al.*, 2012), papan partikel dari bungkil biji jarak pagar (Kartika *et al.*, 2013) dan papan partikel dari ampas biji jarak keyar (Kurniati, 2014). Pada penelitian ini, daya serap air papan partikel terendah diperoleh dari perlakuan dengan kadar perekat fenol formaldehida 16%. Pada perlakuan tersebut pengembangan tebal papan partikel juga cukup rendah (37,3%), walaupun nilainya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kadar perekat 12% (31,0%) dan papan partikel komersial berbasis kayu (21%) (Hidayat *et al.*, 2014).

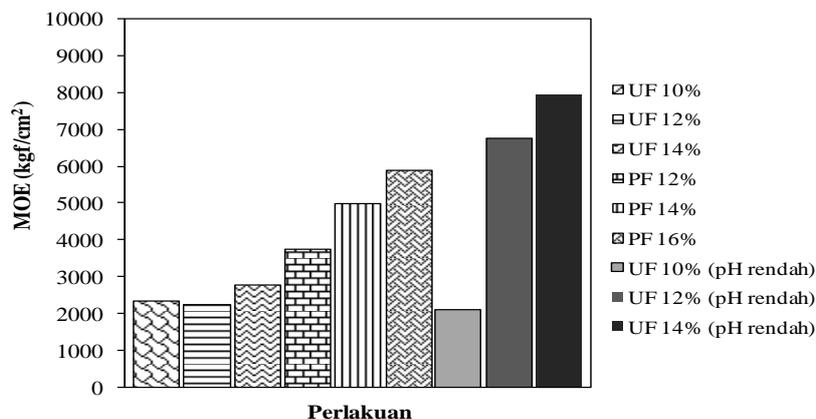
Standar JIS A 5908-2003 mensyaratkan pengembangan tebal papan partikel maksimum 12%. Dengan demikian, pengembangan tebal papan

partikel yang dihasilkan dalam penelitian ini belum memenuhi persyaratan JIS A 5908-2003. Menurut Iswanto (2008), sifat pengembangan tebal papan partikel merupakan salah satu sifat fisik yang akan menentukan suatu papan komposit dapat digunakan untuk keperluan interior atau eksterior. Jika pengembangan tebal suatu produk tinggi berarti stabilitas dimensi produk tersebut rendah, sehingga produk tersebut tidak dapat digunakan untuk keperluan eksterior dan sifat mekanisnya akan menurun dengan cepat seiring dengan waktu. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk menurunkan pengembangan tebal papan partikel adalah dengan penambahan bahan aditif seperti parafin (Maloney, 1993) atau plastik (Kurniati, 2014). Pada pembuatan papan partikel dari ampas biji jarak keyar, penambahan plastik PP sebesar 30-50% dapat menurunkan pengembangan tebal papan partikel dari 30% menjadi $\leq 2\%$ (Kurniati, 2014).

Kekuatan Lentur (Modulus of Elasticity)

Kekuatan lentur atau *modulus of elasticity* (MOE) merupakan ukuran ketahanan produk dalam mempertahankan perubahan bentuk akibat adanya beban (Bowyer *et al.*, 2003). Lebih jauh, kekuatan lentur menunjukkan perbandingan antara tegangan dan regangan benda untuk kembali ke bentuk semula apabila beban dilepaskan di bawah batas elastisnya (Mardikanto *et al.*, 2009). Kekuatan lentur dipengaruhi oleh kandungan dan jenis bahan perekat yang digunakan, daya ikat rekat dan panjang serat (Maloney, 1993).

Hasil pengujian MOE papan berkisar antara 2231-7945 kgf/cm² (Gambar 5). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa kadar perekat hanya berpengaruh nyata terhadap MOE papan partikel pada perlakuan dengan perekat fenol formaldehida dan urea formaldehida dengan pH cangkang rendah saja. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan, kadar perekat urea formaldehida 10% berbeda nyata dan lebih rendah nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 12 dan 14%.



Gambar 5. Kekuatan lentur (MOE) papan partikel cangkang buah jarak pagar yang dihasilkan dari berbagai perlakuan

Papan partikel dengan kadar perekat fenol formaldehida 12, 14 dan 16% memberikan nilai yang berbeda secara signifikan satu terhadap lainnya. MOE papan partikel tertinggi (7945 kgf/cm²) diperoleh dari perlakuan dengan perekat urea formaldehida (14%) dengan pH cangkang rendah.

Berdasarkan hasil uji t, MOE papan partikel dengan perekat fenol formaldehida dan urea formaldehida hanya berbeda secara signifikan pada perlakuan cangkang tanpa penurunan pH dengan kadar perekat 12% dan pada perlakuan cangkang pH rendah dengan kadar perekat 14% saja, sedangkan pada perlakuan-perlakuan lainnya tidak berbeda secara signifikan. Perlakuan penurunan pH cangkang memberikan nilai MOE yang berbeda secara signifikan pada papan partikel yang diproduksi dengan perekat urea formaldehida, kecuali pada kadar perekat 10%.

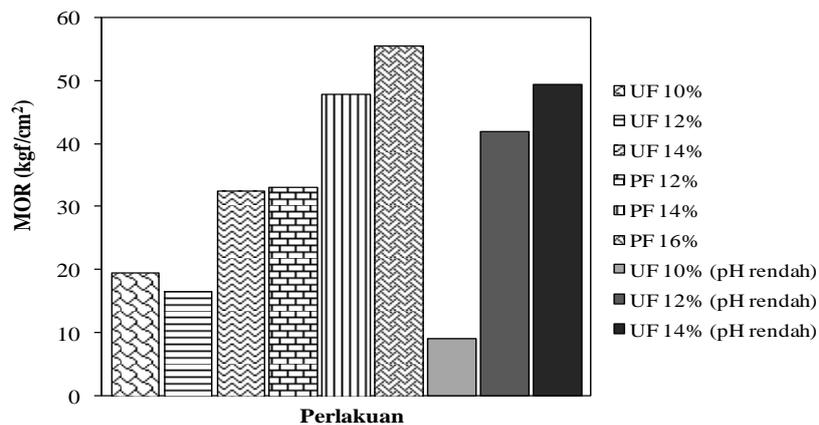
Dari Gambar 5 terlihat bahwa papan partikel dengan perekat urea formaldehida mempunyai MOE lebih rendah (< 2800 kgf/cm²) dibandingkan papan partikel dengan perekat fenol formaldehida (> 3759 kgf/cm²). Namun demikian, apabila pH cangkang diturunkan terlebih dahulu, MOE papan partikel dengan perekat urea formaldehida konsentrasi ≥ 12% dapat ditingkatkan menjadi 3 kali lebih tinggi (> 6748 kgf/cm²), bahkan lebih tinggi daripada dengan perekat fenol formaldehida. Namun demikian nilainya masih lebih rendah daripada yang dipersyaratkan JIS A 5908-2003. Hal ini kemungkinan disebabkan karena ukuran partikel cangkang buah jarak pagar yang digunakan pada penelitian ini lebih kecil dari 5 mesh, yang terdiri dari debu dan partikel-partikel berukuran 100 mesh, 60 mesh, 45 mesh dan 20 mesh dalam porsi yang cukup besar dimana hal tersebut akan memberikan efek negatif terhadap kekuatan papan partikel. Menurut Ruhendi dan Putra (2011), debu sangat mudah mengikat perekat, sehingga apabila terkonsentrasi di bagian tertentu menyebabkan bagian lain kekurangan perekat. Kemungkinan lainnya disebabkan oleh faktor

panjang partikel cangkang buah jarak pagar yang pendek, yaitu sekitar 700-900 µm (Iswanto, 2013). Selain itu, juga dipengaruhi oleh suhu (110°C) dan waktu kempa (10 menit) yang diterapkan pada saat pengempaan belum optimal sehingga pematangan perekat juga tidak optimal. Pada suhu rendah, kekuatan perekatan masih rendah karena perekat belum mengalami pematangan. Sedangkan pada suhu yang terlalu tinggi, perekat mengalami *over curing* sehingga mengurangi kekuatan ikatan pada garis ikatan.

Berdasarkan standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan MOE papan partikel minimal 20000 kgf/cm², papan partikel yang dihasilkan dari penelitian ini belum memenuhi persyaratan JIS A 5908-2003 untuk seluruh perlakuan yang diuji. Namun demikian MOE papan partikel yang dihasilkan dari penelitian ini nilainya lebih tinggi dari papan partikel komersial yang terbuat dari kayu (± 2000-2500 kgf/cm²) (Hidayat *et al.*, 2014). Menurut Iswanto (2013) peningkatan MOE papan partikel dari cangkang buah jarak pagar dapat dilakukan dengan menambahkan partikel lain seperti kayu, bambu dan batang sorghum. Pada penelitiannya, MOE papan partikel dapat ditingkatkan dari 10060 kgf/cm² menjadi 20410 kgf/cm² dengan mencampurkan cangkang buah jarak pagar dan bambu pada rasio 70 : 30 (% berat).

Keteguhan Patah (Modulus of Rupture)

Keteguhan patah atau *modulus of rupture* (MOR) merupakan kekuatan lentur maksimum material hingga material tersebut patah (Mardikanto *et al.*, 2009). Hasil pengujian MOR papan partikel berkisar antara 9-56 kgf/cm² (Gambar 6). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa kadar perekat berpengaruh nyata terhadap MOR papan partikel pada seluruh perlakuan yang diuji. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan, kadar perekat urea formaldehida 14% berbeda nyata dan lebih tinggi nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 10 dan 12%.



Gambar 6. Keteguhan patah (MOR) papan partikel cangkang buah jarak pagar yang dihasilkan dari berbagai perlakuan

Pada kasus cangkang dengan pH rendah, kadar perekat urea formaldehida 10% berbeda nyata dan lebih rendah nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 12 dan 14%. Papan partikel dengan kadar perekat fenol formaldehida 12% juga memberikan nilai yang berbeda nyata dan lebih rendah nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 14 dan 16%. MOR papan partikel tertinggi diperoleh dari perlakuan dengan perekat fenol formaldehida 16% (55,8 kgf/cm²).

Hasil uji t menunjukkan MOR papan partikel dengan perekat fenol formaldehida dan urea formaldehida hanya berbeda secara signifikan pada kadar 12%, sedangkan pada kadar 14% nilainya tidak berbeda secara signifikan. Selain itu, perlakuan penurunan pH cangkang juga tidak memberikan nilai MOR yang berbeda secara signifikan pada papan partikel yang diproduksi dengan perekat urea formaldehida, kecuali pada kadar 12%.

Berdasarkan Gambar 6, papan partikel dengan perekat urea formaldehida mempunyai MOR lebih rendah (< 33 kgf/cm²) dibandingkan papan partikel dengan perekat fenol formaldehida (> 33 kgf/cm²). Namun demikian, penurunan pH cangkang dapat meningkatkan MOR papan partikel dengan perekat urea formaldehida konsentrasi ≥ 12% (> 41 kgf/cm²), bahkan nilainya tetap lebih tinggi daripada dengan perekat fenol formaldehida pada kadar 12 dan 14%.

Berdasarkan hasil penelitian Iswanto (2013), penurunan pH cangkang buah jarak pagar dapat menurunkan waktu gelatinasi perekat urea formaldehida ketika dicampur dengan cangkang tersebut dari 145 menit menjadi 124 menit. Hal ini mengakibatkan waktu pematangan perekat pun semakin rendah atau perekat menjadi lebih cepat mengeras, sehingga MOR papan partikel pun dapat ditingkatkan. Namun demikian, pada penelitian ini

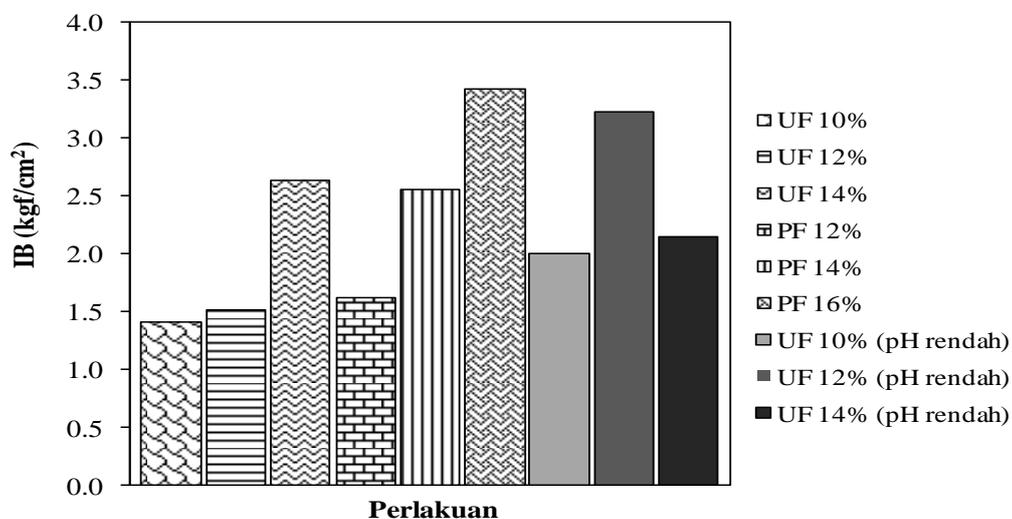
berdasarkan uji t MOR papan partikel yang dihasilkan dari cangkang dengan atau tanpa perlakuan penurunan pH memberikan nilai yang tidak berbeda signifikan, kecuali pada kadar 12%. Hal ini sesuai dengan yang ditunjukkan pada Gambar 6 dimana MOR papan partikel yang dihasilkan dari cangkang dengan pH rendah lebih tinggi nilainya, terutama pada perlakuan dengan kadar perekat urea formaldehida ≥ 12%.

JIS A 5908-2003 mensyaratkan MOR papan partikel untuk Tipe 8 sebesar 82 kg/cm². MOR papan partikel yang dihasilkan dari penelitian ini masih berada jauh dibawah standar minimum yang ditetapkan untuk seluruh perlakuan yang diuji.

Keteguhan Rekat Internal (Internal Bond)

Keteguhan rekat internal atau *internal bound* (IB) merupakan keteguhan tarik tegak lurus permukaan lembaran papan partikel. Nilai IB papan partikel menggambarkan kekuatan ikatan antar partikel, sehingga IB dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan kualitas lembaran dimana hal tersebut berkaitan dengan sistem pembuatan papan partikel yang diterapkan. Hasil pengujian IB papan partikel berkisar antara 1,4-3,5 kgf/cm² (Gambar 7).

Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa kadar perekat hanya berpengaruh nyata terhadap IB papan partikel pada perlakuan dengan perekat urea formaldehida saja. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan, kadar perekat urea formaldehida 14% berbeda nyata dan lebih tinggi nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 10 dan 12%. Pada kasus cangkang dengan pH rendah, kadar perekat urea formaldehida 12% berbeda nyata dan lebih tinggi nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 10 dan 14%.



Gambar 7. Keteguhan rekat internal (IB) papan partikel cangkang buah jarak pagar yang dihasilkan dari berbagai perlakuan

Hasil uji t menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara IB papan partikel dengan perekat urea formaldehida dan fenol formaldehida, kecuali pada kadar perekat 12% dan cangkang dengan pH rendah. Selain itu, perlakuan penurunan pH cangkang juga tidak memberikan nilai IB yang berbeda secara signifikan pada papan partikel yang diproduksi dengan perekat urea formaldehida, kecuali pada kadar 12%. Seperti halnya MOR, IB papan partikel tertinggi diperoleh dari perlakuan dengan perekat fenol formaldehida 16% (3,4 kgf/cm²).

Secara umum peningkatan kadar perekat urea formaldehida meningkatkan IB papan partikel yang dihasilkan. Hal ini berkaitan dengan peningkatan keterbasahan dari permukaan partikel oleh perekat dan peningkatan luas permukaan partikel. Menurut Maloney (1993), pada waktu proses pengempaan partikel akan mengalami kehancuran sehingga hal tersebut akan meningkatkan penyebaran perekat per satuan luas. Dengan semakin tinggi kadar perekat yang ditambahkan maka penyebaran perekat per satuan luas pun semakin besar, sehingga akan menghasilkan papan dengan IB yang baik.

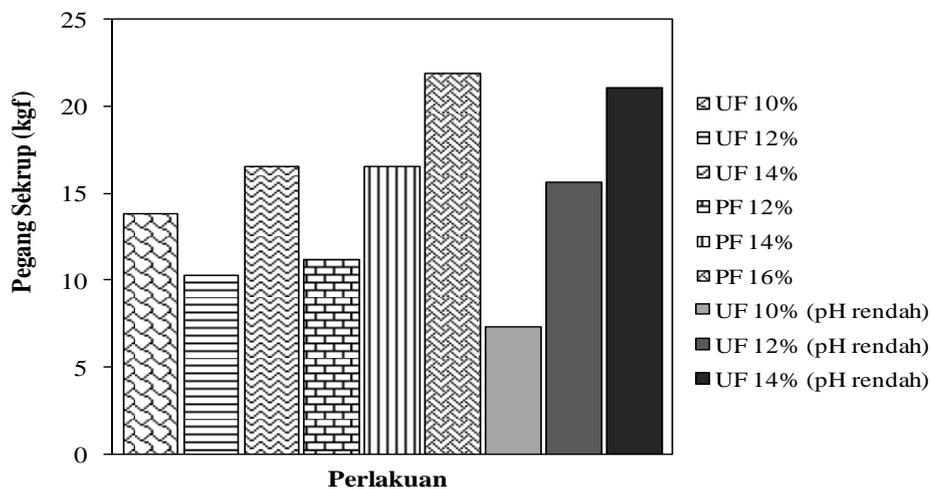
Berdasarkan Gambar 7, papan partikel dengan perekat urea formaldehida mempunyai IB lebih rendah dibandingkan papan partikel dengan perekat fenol formaldehida. Namun demikian, penurunan pH cangkang dapat meningkatkan IB papan partikel dengan perekat urea formaldehida konsentrasi ≤ 12%, bahkan nilainya lebih tinggi daripada dengan perekat fenol formaldehida. Penyebab rendahnya IB pada papan partikel yang diperoleh dari cangkang tanpa perlakuan penurunan pH diantaranya adalah keasaman partikel yang tinggi dan keberadaan zat ekstraktif. Hasil penelitian Malanit *et al.* (2009) menunjukkan bahwa IB papan partikel dengan perekat urea formaldehida menurun seiring dengan meningkatnya derajat keasaman partikel dan kapasitas penyangga bahan. Selain itu,

IB papan partikel juga menurun seiring dengan peningkatan keterbasahan bahan, yang merupakan salah satu indikator penentu bahwa suatu bahan akan memiliki kesesuaian dengan perekat. Keterbasahan yang baik terjadi ketika sudut kontak perekat dengan substrat < 90°. Semakin besar sudut kontak maka pembasahan semakin rendah. Hasil penelitian Iswanto (2013) menunjukkan bahwa perlakuan penurunan pH cangkang buah jarak pagar telah menurunkan sudut kontak bahan dari 91,25° menjadi 77,50°, artinya pembasahan bahan meningkat. Dengan demikian, IB papan partikel yang diperoleh dari cangkang tanpa perlakuan penurunan pH nilainya lebih rendah daripada papan partikel yang diperoleh dari cangkang dengan pH rendah.

JIS A 5908-2003 mensyaratkan IB papan partikel Tipe 8, 13 dan 18 dengan nilai masing-masing sebesar 1,5 kgf/cm², 2 kgf/cm² dan 3,1 kgf/cm². Berdasarkan nilai tersebut, seluruh papan partikel yang dihasilkan dari penelitian ini telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 untuk Tipe 8.

Kuat Pegang Sekrup

Hasil pengujian kuat pegang sekrup papan partikel berkisar antara 7-22 kgf (Gambar 8). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa kadar perekat berpengaruh nyata terhadap kuat pegang sekrup papan partikel pada seluruh perlakuan yang diuji. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan, kadar perekat urea formaldehida 10, 12 dan 14% memberikan nilai yang berbeda secara signifikan satu terhadap lainnya, baik pada perlakuan cangkang dengan pH rendah maupun tanpa perlakuan penurunan pH. Papan partikel dengan kadar perekat fenol formaldehida 12% memberikan nilai yang berbeda nyata dan lebih rendah nilainya dari papan partikel dengan kadar perekat 16%. Kuat pegang sekrup papan partikel tertinggi diperoleh dari perlakuan dengan perekat fenol formaldehida 16% (22 kgf).



Gambar 8. Kuat pegang sekrup papan partikel cangkang buah jarak pagar yang dihasilkan dari berbagai perlakuan

Hasil uji t menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara kuat pegang sekrup papan partikel dengan perekat urea formaldehida dan fenol formaldehida, kecuali pada kadar perekat 12% dan cangkang dengan pH rendah. Perlakuan penurunan pH cangkang juga memberikan nilai kuat pegang sekrup yang berbeda secara signifikan pada papan partikel yang diproduksi dengan perekat urea formaldehida.

Berdasarkan Gambar 8, papan partikel dengan perekat urea formaldehida mempunyai kuat pegang sekrup lebih rendah dibandingkan papan partikel dengan perekat fenol formaldehida. Namun demikian, penurunan pH cangkang dapat meningkatkan kuat pegang sekrup papan partikel dengan perekat urea formaldehida konsentrasi \geq 12%, walaupun nilainya tetap lebih rendah daripada dengan perekat fenol formaldehida. Peningkatan jumlah perekat yang ditambahkan cenderung meningkatkan kuat pegang sekrup papan partikel yang dihasilkan.

Berdasarkan standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan kuat pegang sekrup papan partikel minimal 30 kgf, papan partikel yang dihasilkan dari penelitian ini belum memenuhi persyaratan JIS untuk seluruh perlakuan yang diuji. Hal ini mungkin disebabkan karena distribusi partikel tidak merata dalam pembuatan papan yang mengakibatkan papan masih banyak berongga.

Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari cangkang buah jarak pagar ini secara garis besar belum sesuai dalam pemanfaatannya sebagai bahan baku konstruksi. Dengan demikian masih perlu dilakukan upaya peningkatan kualitas sifat-sifat papan partikel tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Papan partikel dari cangkang buah jarak pagar mempunyai sifat fisik dan mekanik yang cukup memadai tetapi belum memenuhi standar JIS A 5908-2003, kecuali kerapatan dan IBnya. Sifat fisik dan mekanik papan partikel dengan perekat fenol formaldehida secara umum lebih baik daripada dengan perekat urea formaldehida. Semakin tinggi kadar perekat yang ditambahkan pada papan partikel cangkang buah jarak pagar maka sifat mekanik (MOE, MOR, IB dan kuat pegang sekrup) semakin meningkat, sedangkan untuk sifat fisik (kadar air, daya serap air dan pengembangan tebal) cenderung menurun. Pada kadar perekat fenol formaldehida tertinggi (16%), sifat fisik dan mekanik papan partikel terbaik yang diperoleh adalah kerapatan 0,87 g/cm³, kadar air 11%, pengembangan tebal 37%, daya serap air 57%, MOE 5895 kgf/cm², MOR 56 kgf/cm², IB 3,4 kgf/cm², dan kuat pegang sekrup 22 kgf.

Saran

Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan peningkatan kadar perekat urea formaldehida khususnya untuk perlakuan cangkang dengan pH rendah, peningkatan suhu dan waktu kempa, serta penambahan bahan aditif berupa parafin sehingga papan partikel yang dihasilkan lebih tahan terhadap air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan atas bantuan dana (Hibah Kompetitif Strategis Nasional) untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi SS. 1990. *Kimia Kayu*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- AOAC. 1995. *Official Method of Analysis of Analytical Chemistry*. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Baskaran M, Hashim R, Said N, Raffi SM, Balakrishnan K, Sudesh K, Sulaiman O, Arai T, Kosugi A, Mori Y, Sugimoto T, Sato M. 2012. Properties of binderless particleboard from oil palm trunk with addition of polyhydroxyalkanoates. *Composites: Part B* 43: 1109-1116.
- Bowyer JL, Shmulsky R, dan Haygreen JG. 2003. *Forest Product and Wood Science*. USA: Blackwell Publishing Professional.
- Ciannamea EM, Stefani PM, dan Ruseckaite RA. 2010. Medium-density particleboard from modified rice husk and soybean protein concentrate-based adhesives. *Bioresource Technology* 101: 818-825.
- Evon Ph, Vandenbossche V, Pontalier PY, Rigal L. 2010. Thermo-mechanical behaviour of the raffinate resulting from the aqueous extraction of sunflower whole plant in twin-screw extruder: Manufacturing of biodegradable agromaterials by thermo-pressing. *Adv Mat Res*. 112: 63-72.
- Gubitz GM, Mittelbach M, dan Trabi M. 1999. Exploitation of the tropical oilseed plant *Jatropha curcas* L. *Biores Technol*. 67: 73-82.
- Hashim R, Saari N, Sulaiman O, Sugimoto T, Hiziroglu S, Sato M, Tanaka R. 2010. Effect of particle geometry on the properties of binderless particleboard manufactured from oil palm trunk. *Materials and Des.*: 4251-4257.
- Hashim R, Nadhari WNAW, Sulaiman O, Kawamura F, Hiziroglu S, Sato M, Sugimoto T, Seng TG, Tanaka R. 2011a.

- Characterization of raw materials and manufactured binderless particleboard from oil palm biomass. *Materials and Design*. 32: 246-254.
- Hashim R, Said N, Lamaming J, Baskaran M, Sulaiman O, Sato M, Hiziroglu S, Sugimoto T. 2011b. Influence of press temperature on the properties of binderless particleboard made from oil palm trunk. *Materials and Design* 32: 2520-2525.
- He G dan Riedl B. 2004. Curing kinetics of fenol formaldehyde resin and wood-resin interaction in presence of wood substrates. *J Wood Sci Technol*. 38: 69-81.
- Hidayat H, Keijers ERP, Prijanto U, van Dam JEG, Heeres HJ. 2014. Preparation and properties of binderless boards from *Jatropha curcas* L. seed cake. *Indust Crops Prod*. 52: 245-254.
- Iswanto AH. 2008. *Pengujian Siklis Papan Partikel*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Iswanto AH. 2013. Optimasi faktor penentu kualitas dalam pembuatan papan partikel kulit buah jarak (*Jatropha curcas* L.). [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Japanese Standards Association. 2003. JIS A 5908-2003: *Particleboard*. Japan: Japanese Standards Association.
- Kartika IA, Fahma F, Yani M, Hermawan D. 2013. Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari bungkil biji jarak pagar. *J Tek Ind Pert*. 23: 109-119.
- Kurniati M. 2014. Pengembangan proses produksi papan partikel berbahan baku ampas jarak kepyar (*Ricinus communis* L.). [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Kollman FFP, Kuenzi EW, dan Stamm AJ. 1975. *Principle of Wood Science and Technology*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Malanit P, Barbu MC, dan Fruhwald A. 2009. The gluability and bonding quality of an asian bamboo (*Dendrocalamus asper*) for the production of composite lumber. *J Tropical Forest Sci*. 21: 361-368.
- Maloney TM. 1993. *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. San Fransisco: Miller Freeman, Inc.
- Mardikanto TR, Karlinasari L, dan Bahtiar ET. 2009. *Sifat Mekanis Kayu*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Mo X, Cheng E, Wang D, Susan Sun X. 2001. Compression and tensile strength of low-density straw-protein particleboard. *Indust Crops Prod*. 14: 1-9.
- Mo X, Cheng E, Wang D, Susan Sun X. 2003. Physical properties of medium-density wheat straw particleboard using different adhesives. *Indust Crops Prod*. 18: 47-53.
- Montgomery DC. 2001. *Design and Analysis of Experiments*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Okuda N dan Sato M. 2004. Manufacture and mechanical properties of binderless boards from kenaf core. *J Wood Sci*. 50: 53-61.
- Okuda N, Ori K, dan Sato M. 2006. Chemical changes of kenaf core binderless boards during hot pressing (II): Effect of the binderless board properties. *J Wood Sci*. 52: 249-254.
- Prijanto U. 2007. *Menghasilkan Biodiesel Jarak Pagar Berkualitas*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Ruhendi S dan Putra E. 2011. Sifat fisis dan mekanis papan partikel dari batang dan cabang kayu jabon (*Anthocephalus cadamba* Miq.). *J Ilmu Teknol Hasil Hutan*. 4: 14-21.
- Quintana G, Velasquez J, Betancourt S, Ganan P. 2009. Binderless fiberboard from steam exploded banana bunch. *Indust Crops Prod*. 29: 60-66.
- Setiawan B. 2008. Papan partikel dari sekam padi. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sharma DK, Pandey AK, dan Lata. 2009. Use of *Jatropha curcas* hull biomass for bioactive compost production. *Biomass and Bioenergy*. 33: 159-162.
- Silitonga AS, Atabani AE, Mahlia TMI, Masjuki HH, Badruddin IA, Mekhilef S. 2011. A review on prospect of *Jatropha curcas* for biodiesel in Indonesia. *Renew Sustainable Energy Rev*. 15: 3733-3756.
- Sirisomboon P, Kitchaiya P, Pholpho T, Mahuttanyavanitch W. 2007. Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. fruits, nuts and kernels. *Biosystems Eng*: 201-207.
- SNI. 1998. *Food and Beverages Analysis Procedures*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Tsoumis G. 1991. *Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Xu J, Sugawara R, Widyorini R, Han G, Kawai S. 2004. Manufacture and properties of low-density binderless particle board from kenaf core. *J Wood Sci*. 50: 62-67.
- Van Dam JEG, van den Oever MJA, Teunissen W, Keijsers ERP, Peralta AG. 2004a. Process for production of high density/high performance binderless boards from whole coconut husk. *Indust Crops Prod*. 19: 207-216.
- Van Dam JEG, van den Oever MJA, Keijsers ERP. 2004b. Process production for high performance binderless boards from whole coconut husk. *Indust Crops Prod*. 20: 97-101.
- Wang D dan Sun XS. 2002. Low density particleboard from wheat straw and corn pitch. *Indust Crops Prod*. 15: 43-50.

- Widyorini R, Xu J, Umemura K, Kawai S. 2005. Manufacture and properties of binderless particleboard from bagasse: I. Effect of raw material type, storage methods, and manufacturing process. *J Wood Sci.* 51: 648-654.