

PEMBUATAN PAPAN PARTIKEL DARI BUNGKIL JARAK KEPYAR (*Ricinus communis* L.) DENGAN PERLAKUAN PENDAHULUAN STEAM EXPLOSION

PARTICLEBOARD PRODUCTION FROM CASTOR CAKE MEAL (*Ricinus communis* L.)
BY STEAM EXPLOSION PRETREATMENT

Ika Amalia Kartika^{*)} dan Herdiarti Destika

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga, Kotak POS 122, Bogor 16002
E-mail: ikatk@yahoo.com

ABSTRACT

Binderless particleboard production from castor cake meal is developed to overcome the limitation of wood in construction industry and to solve the environmental problem because of emission from urea formaldehyde (UF) and phenol formaldehyde (PF). The steam explosion method can be used to denaturate the protein of castor cake meal which can increase the mechanical properties of particleboard. Particleboard production was carried out by hot pressing at different temperatures and pressures. This research aimed to determine the effect of pressing temperature and pressure on the physical and mechanical properties of the particleboard, and to obtain the optimum pressing temperature and pressure on particleboard production from castor cake meal. The physical and mechanical properties of particleboards were tested according to JIS A 5908:2003. Generally, the density and the moisture content of particleboard met JIS A 5908:2003. Statistical analysis showed that pressing temperature affected moisture content, water absorption and MOE whereas pressing pressure affected moisture content and water absorption. The regression analysis showed that the optimum pressing temperature and pressure to produce the particleboard from castor cake meal were respectively 160°C and 160 kgf/cm² with density of 0.85 g/cm³, moisture content of 5.05%, water absorption of 124.54%, thickness swelling of 20%, MOE 256.65 kgf/cm² and MOR 4.73 kgf/cm².

Keywords: Castor cake meal, modulus of rupture, modulus of elasticity, particleboard, steam explosion

ABSTRAK

Pengembangan bungkil jarak kepyar menjadi papan partikel *binderless* dilakukan untuk mengatasi keterbatasan jumlah kayu di industri konstruksi dan masalah lingkungan akibat emisi urea formaldehida (UF) dan fenol formaldehida (PF). Denaturasi dengan metode *steam explosion* terhadap protein bungkil jarak kepyar diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik papan partikel. Pembuatan papan dilakukan dengan pengempaan panas pada suhu dan tekanan kempa yang berbeda-beda. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap sifat fisik dan mekanik papan, serta mendapatkan suhu dan tekanan kempa optimum pada pembuatan papan partikel dari bungkil jarak kepyar. Sifat fisik dan mekanik papan partikel diuji berdasarkan standar JIS A 5908:2003. Secara umum hanya parameter kerapatan dan kadar air yang memenuhi standar. Analisis statistik menunjukkan suhu kempa berpengaruh terhadap kadar air, daya serap air dan MOE papan sedangkan tekanan kempa berpengaruh terhadap kadar air dan daya serap air papan. Hasil analisis regresi menunjukkan suhu dan tekanan kempa yang optimum untuk pembuatan papan partikel masing-masing adalah 160°C dan 160 kgf/cm² dengan kualitas papan partikel yang dihasilkan sebagai berikut: kerapatan 0.85 g/cm³, kadar air 5.05%, daya serap air 124.54%, pengembangan tebal 20%, MOE 256.65 kgf/cm² dan MOR 4.73 kgf/cm².

Kata kunci: Bungkil jarak kepyar, modulus of rupture, modulus of elasticity, papan partikel, steam explosion

PENDAHULUAN

Pengembangan papan partikel sebagai produk perekatan kayu dilakukan untuk mengatasi permasalahan pasokan bahan baku di sektor industri konstruksi. Kumar *et al.* (2002) menyebutkan bahwa industri konstruksi berupaya untuk mengatasi kekurangan kayu melalui pengembangan produk papan panil (*panil products*). Salah satunya adalah pengembangan papan partikel yang dapat diproduksi dari sumber lignoselulosa non kayu.

Maloney (1993) menjelaskan bahwa papan partikel merupakan produk panel yang dibuat dari partikel-partikel kayu atau bahan berlignoselulosa

lainnya dan diikat dengan menggunakan bahan perekat sintesis atau bahan perekat lainnya dan direkatkan melalui proses kempa panas. Umumnya, pembuatan papan partikel dilakukan dengan menggunakan perekat sintesis seperti urea formaldehida (UF) dan fenol formaldehida (PF). Namun diketahui bahwa penggunaan perekat sintesis ini dapat menimbulkan permasalahan kesehatan bagi pengguna produk papan partikel akibat adanya emisi formaldehida (Santoso dan Sutigno 2004). Untuk itulah diperlukan inovasi berupa penggantian perekat sintesis dalam pembuatan papan partikel. Papan partikel tanpa perekat sintesis atau lebih umum disebut sebagai papan partikel *binderless* dapat

diperoleh dengan mengempa bahan yang memiliki sumber adhesif alami dan sumber serat.

Bungkil jarak keyar (*Ricinus communis* L.) merupakan jenis bahan yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku papan partikel *binderless*. Protein dan serat dalam jumlah besar yang terkandung dalam bahan ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan papan partikel.

Lambuth (1977) menjelaskan bahwa proses pemanasan dalam kondisi basah ataupun kering, pengecilan ukuran, pembekuan, pemberian tekanan dan iradiasi merupakan contoh proses denaturasi yang dapat dilakukan untuk mendegradasi sifat adhesif yang dimiliki oleh protein. *Steam explosion* adalah metode denaturasi protein yang dipilih dalam penelitian ini. Melalui proses pendahuluan berupa pemberian panas pada bahan ini diharapkan daya adhesif protein jarak keyar meningkat sehingga dapat diperoleh papan partikel dengan sifat mekanik yakni MOE dan MOR yang lebih baik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap sifat fisik dan mekanik papan partikel dari bungkil jarak keyar dengan perlakuan pendahuluan *steam explosion*, serta mendapatkan suhu dan tekanan kempa optimum dalam pembuatan papan partikel dari bungkil jarak keyar dengan perlakuan pendahuluan *steam explosion*.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah bungkil jarak keyar yang berasal dari proses pengolahan minyak jarak di PT. Kimia Farma Semarang. Bahan lain yang digunakan adalah bahan kimia untuk analisis proksimat. Adapun peralatan yang digunakan adalah otoklaf, mesin *hot press*, plat dan cetakan papan berukuran 10 cm x 10 cm x 0.5 cm, oven, inkubator, jangka sorong, mistar, *cutter*, *Universal Testing Machine* (UTM), dan alat-alat untuk analisis proksimat.

Metode

Persiapan dan Karakterisasi Bahan Baku

Persiapan bahan baku meliputi pengecilan ukuran hingga 80 *mesh* dan pengukusan bahan dengan menggunakan otoklaf bersuhu 121°C selama 15 menit. Proses dilanjutkan dengan pengeringan bahan hingga diperoleh bahan dengan kadar air sekitar 12%. Selanjutnya, bahan dikarakterisasi dengan menganalisis kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, serta kadar serat kasar.

Pembuatan Papan

Proses pembuatan papan partikel diawali dengan membentuk lembaran papan (*mat forming*) dengan target kerapatan 0.9 g/cm³ di dalam cetakan 10 cm x 10 cm x 0.5 cm. Bahan yang dimasukkan ke dalam cetakan harus disebar secara merata agar diperoleh papan dengan kerapatan yang sama di setiap bagian. Pembuatan papan partikel dilanjutkan dengan mengempa papan partikel di mesin kempa panas dengan

variasi suhu dan tekanan yang berbeda-beda selama 6 menit.

Pengondisian Papan

Proses pengondisian (*conditioning*) papan dilakukan pada inkubator bersuhu 30°C selama 14 hari. Pengondisian ini dilakukan untuk menghilangkan tegangan-tegangan pada permukaan papan akibat proses pengempaan serta untuk mencapai kesetimbangan kadar air papan.

Pengujian Papan

Pengujian papan partikel diawali dengan memotong-motong papan partikel dan mengujinya sesuai dengan standar ASTM D 143-94:2007 dan hasilnya dibandingkan dengan JIS A 5908:2003.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Central Composite Design* (CCD), analisis data dengan ANOVA ($\alpha = 0.05$), dan analisis regresi dengan menggunakan *Response Surface Method* (RSM). Model regresi yang digunakan adalah model polinomial orde kedua. Faktor-faktor yang digunakan adalah suhu sebagai faktor perlakuan X_1 dan tekanan sebagai faktor perlakuan X_2 .

Data yang diperoleh dari penelitian ini kemudian diolah dengan *Statistical Analysis System* (SAS) 9.1. Analisis data dilanjutkan dengan melakukan analisis statistik untuk mengetahui pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap masing-masing respon. Selanjutnya dilakukan analisis regresi untuk mengetahui suhu dan tekanan kempa optimum dalam pembuatan papan partikel dengan perlakuan pendahuluan *steam explosion*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bungkil Jarak Keyar

Jarak keyar (*Ricinus communis* L.) merupakan tanaman berbentuk semak dan berasal dari famili Euphorbiaceae. Minyak jarak keyar (*castor oil*) dapat dimanfaatkan untuk pembuatan berbagai jenis produk bermanfaat, misalnya cat, pelumas, tinta cetak, kosmetik, dan sabun (Ketaren 2008). Adapun bungkil jarak keyar belum dimanfaatkan dengan baik karena umumnya hanya dimanfaatkan sebagai pupuk.

Karakteristik bungkil jarak keyar yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Karakteristik bungkil jarak keyar dengan perlakuan pendahuluan *steam explosion*

Parameter	Nilai (% bb)
Kadar Air	12.36
Kadar Abu	10.67
Kadar Protein	38.22
Kadar Lemak	2.82

Pada penelitian ini, sebelum digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan papan partikel, bungkil jarak keyar diberi perlakuan pendahuluan berupa *steam*

explosion yang dilakukan dalam otoklaf bersuhu 121°C selama 15 menit. Tujuan dari pemanasan pada suhu ini adalah untuk mencapai suhu antara suhu denaturasi dan suhu eksotermik. Menurut Zhong *et al.* (2001), selama berada dalam suhu denaturasi, protein yang berada dalam bahan akan berubah menjadi struktur yang saling bebas dan acak. Struktur inilah yang dapat meningkatkan interaksi antara perekat protein dan serat dalam bahan. Namun apabila suhu pemanasan melebihi suhu eksotermiknya (> 192°C), protein akan mendapatkan panas berlebih dan akhirnya terdegradasi menjadi pecahan-pecahan protein (Mo *et al.* 1999). Dengan demikian, suhu pengukusan sebesar 121°C ini digunakan sebagai suhu *steam explosion*.

Penelitian dilanjutkan dengan membuat papan partikel dengan mesin *hot press* serta menguji sifat fisik dan mekanik papan partikel yang dihasilkan (Tabel 2). Hasil pengujian menunjukkan bahwa papan partikel yang dihasilkan belum memenuhi standar JIS A 5908:2003 kecuali untuk parameter kerapatan dan kadar air. Menurut Haygreen dan Bowyer (1986), kerapatan merupakan perbandingan antara massa dengan volume papan. Nilai kerapatan telah sesuai dengan standar JIS A 5908:2003 meskipun belum sesuai dengan target kerapatan yang ingin dicapai yaitu sebesar 0.9 g/cm³.

Kerapatan papan yang tinggi ini menyebabkan kualitas papan partikel makin baik karena seiring dengan peningkatan kerapatan papan partikel maka akan semakin meningkat pula kekuatannya. Hal ini dikarenakan kerapatan berkaitan dengan porositasnya, yaitu proporsi volume rongga kosong. Semakin tinggi kerapatan papan partikel maka akan semakin tinggi pula kekakuan dan kekuatannya (Haygreen dan Bowyer 1986).

Karakteristik Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel

Pengujian karakteristik papan partikel yang dihasilkan dilakukan untuk mengetahui kualitas papan partikel berdasarkan sifat fisik dan mekaniknya. Karakteristik sifat fisik yang diujikan adalah kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal papan partikel. Adapun sifat mekanik yang diujikan adalah *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR).

Kisaran kadar air papan hasil pengujian telah sesuai dengan standar JIS A 5908:2003 (Tabel 2). Kadar air merupakan sifat fisik papan partikel yang dapat diartikan sebagai banyaknya kandungan air dalam kayu atau produk kayu (Bowyer *et al.* 2007). Lestari dan

Kartika (2012) menjelaskan bahwa kadar air papan partikel menjadi faktor penting dalam menjaga stabilitas dimensi papan. Besarnya kadar air papan partikel sendiri dipengaruhi oleh kerapatannya. Setiawan (2008) menyebutkan bahwa fenomena yang terjadi pada umumnya adalah semakin tinggi kerapatan papan partikel, maka kadar air yang terkandung di dalamnya semakin rendah. Xu *et al.* (2004) menyatakan bahwa stabilitas papan partikel meningkat signifikan seiring meningkatnya kerapatan papan, artinya dengan kerapatan tinggi yang dimiliki oleh papan partikel yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan dapat mengurangi kadar air papan partikel.

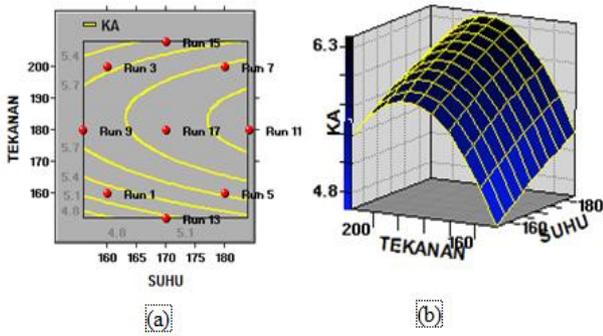
Kadar air papan partikel yang rendah pada akhirnya dapat meningkatkan stabilitas dimensinya dimana papan partikel dengan kualitas yang baik diharapkan memiliki stabilitas dimensi yang tinggi. Hasil ANOVA pada $\alpha = 0.05$ menunjukkan nilai *lack of fit* model yang lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai α , artinya model polinomial orde kedua cocok untuk mengoptimasi kadar air: $KA = -44.86 + 0.12X_1 + 0.42X_2 - 0.00024X_1^2 - 0.000097X_1X_2 - 0.0011X_2^2$, dengan R² sebesar 66.56%.

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu dan tekanan kempa berpengaruh terhadap kadar air papan partikel sebesar 66.56%. Gambar 1 menunjukkan titik stasioner maksimum untuk kadar air papan sebesar 6.65%, yang diperoleh pada suhu 215.48°C dan tekanan 181.73 kgf/cm². Dapat dilihat pula pada Gambar 1 bahwa semakin tinggi suhu kempa yang diberikan maka akan semakin besar kadar air papan yang dihasilkan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh minimnya waktu pengempaan yang diterapkan. Li *et al.* (2009) menjelaskan bahwa pengempaan dalam waktu singkat menyebabkan air dalam bahan tidak teruapkan ke permukaan papan partikel secara sempurna. Air dalam bahan ini saling bergabung dan menggumpal di bagian dalam permukaan papan partikel sehingga mengakibatkan penurunan sifat fisik dan mekanik papan partikel.

Pengujian sifat fisik lainnya adalah daya serap air papan partikel. Nilai *lack of fit* model lebih kecil bila dibandingkan nilai α , artinya model polinomial orde kedua cocok digunakan untuk mengoptimasi daya serap air papan 2 jam: $DSA_2 = -848.078 + 12.19X_1 - 0.32X_2 - 0.033X_1^2 - 0.0097X_1X_2 + 0.0055X_2^2$, dengan R² sebesar 69.63%

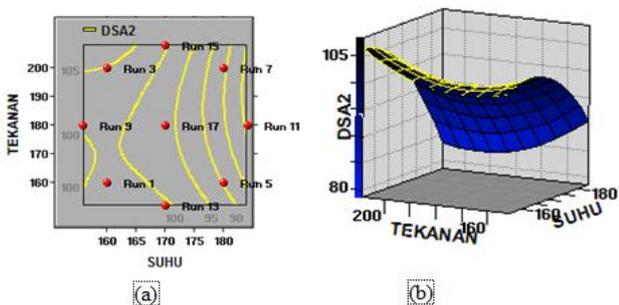
Tabel 1 Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari bungkil jarak kepyar dengan perlakuan pendahuluan *steam explosion*

Parameter	Nilai	Standar JIS A 5908:2003
Kerapatan (g/cm ³)	0.82-0.89	0.4-0.9
Kadar air (%)	4.93-6.79	5-13
Daya serap air (%)	77.95-128.05	-
Pengembangan tebal (%)	10.42-21.74	Maksimal 12%
MOR (kgf/cm ²)	0.81-4.73	Minimal 81.58
MOE (kgf/cm ²)	55.96-567.46	Minimal 20394



Gambar 1 Plot kontur (a) dan grafik 3D (b) pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap kadar air papan partikel

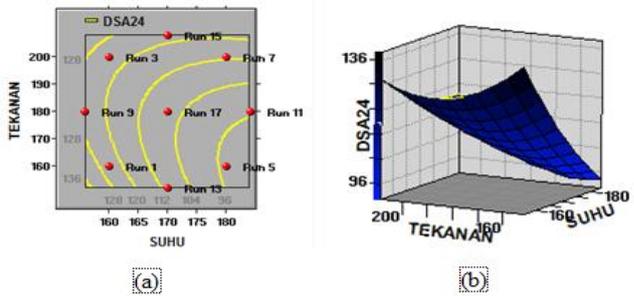
Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu kempa berpengaruh secara signifikan terhadap daya serap air papan partikel 2 jam sebesar 69.63%. Gambar 2 menunjukkan titik stasioner daya serap air papan 2 jam berbentuk *saddle point*, atau terdapat lebih dari satu faktor perlakuan (suhu dan tekanan kempa) yang memiliki nilai daya serap air 2 jam yang sama. Daya serap air papan 2 jam optimum (100.17%) diperoleh pada suhu kempa 160.02°C dan tekanan 171.05 kgf/cm². Ginting (2009) menjelaskan bahwa daya serap air menunjukkan kemampuan papan dalam menyerap air. Besarnya daya serap air papan partikel dapat dihubungkan dengan nilai kadar air papan partikel itu sendiri. Semakin tinggi kadar air papan partikel, semakin sedikit jumlah pori-pori papan partikel yang dapat diisi oleh air. Dengan kata lain, semakin tinggi kadar air papan partikel, maka akan semakin rendah daya serap air papan partikel. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2, saat suhu kempa lebih dari 160°C terjadi penurunan daya serap air dan peningkatan kadar air papan.



Gambar 2 Plot kontur (a) dan grafik 3D (b) pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap daya serap air papan partikel 2 jam

Untuk daya serap air papan 24 jam, nilai *lack of fit* model lebih besar bila dibandingkan dengan nilai α , artinya model polinomial orde kedua kurang cocok untuk mengoptimasi daya serap air papan 24 jam. Kesesuaian model mungkin terjadi pada model polinomial orde pertama. Adapun persamaan polinomial orde keduanya adalah sebagai berikut: $DSA\ 24 = 2033.64 - 13.19X_1 - 8.22X_2 - 0.023X_1^2 + 0.024X_1X_2 + 0.012X_2^2$, dengan R² sebesar 82.81%.

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu dan tekanan kempa berpengaruh secara signifikan terhadap daya serap air papan 24 jam. Gambar 3 menunjukkan bahwa titik stasioner daya serap air 24 jam berbentuk minimum. Daya serap air papan 24 jam optimum (74.78%) diperoleh pada suhu kempa 220.55°C dan tekanan 122.81 kgf/cm². Dari Gambar 3 juga dapat dilihat bahwa peningkatan suhu kempa dan penurunan tekanan kempa menurunkan daya serap air papan 24 jam.



Gambar 3 Plot kontur (a) dan grafik 3D (b) pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap daya serap air papan partikel 24 jam

Menurut Lestari dan Kartika (2012), pengujian daya serap air perlu dilakukan untuk mengetahui ketahanan papan partikel terhadap air terutama apabila penggunaannya untuk keperluan eksterior dimana papan mengalami kontak langsung dengan kondisi cuaca (kelembaban dan hujan). Papan partikel dengan kualitas yang baik adalah papan partikel yang memiliki daya serap air yang rendah karena besarnya jumlah air yang diserap dapat mengurangi kekuatan papan partikel saat digunakan.

Pengembangan tebal papan partikel yang diperoleh belum memenuhi standar yang ditetapkan JIS A 5908:2003 (Tabel 2). Nilai *lack of fit* model lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai α , artinya model polinomial orde kedua cocok untuk mengoptimasi pengembangan tebal papan 2 jam: $PT\ 2 = -484.046 + 5.38X_1 - 0.56X_2 - 0.015X_1^2 + 0.0015X_1X_2 - 0.000099X_2^2$, dengan R² sebesar 28.84%.

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu dan tekanan kempa tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pengembangan tebal papan 2 jam. Pengembangan tebal papan 2 jam optimum (17.15%) diperoleh pada suhu kempa 169.43°C dan tekanan 160.34 kgf/cm².

Pengembangan tebal papan dapat dikaitkan dengan kestabilan dimensi papan partikel. Massijaya *et al.* (2005) menyatakan bahwa semakin tinggi pengembangan tebal papan partikel maka kestabilan dimensi papan partikel semakin rendah. Papan partikel dengan pengembangan tebal tinggi tidak dapat digunakan sebagai bahan baku perlengkapan eksterior karena kestabilannya yang rendah. Rendahnya kestabilan ini mengakibatkan penurunan sifat mekanik papan partikel dalam jangka waktu yang singkat.

Untuk pengembangan tebal papan 24 jam, nilai *lack of fit* model lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai α , artinya model polinomial orde kedua cocok untuk mengoptimasi pengembangan tebal papan 2 jam:

PT 24 = $-166.033 + 2.63X_1 - 0.36X_2 - 0.010X_1^2 + 0.0044X_1X_2 - 0.0011X_2^2$, dengan R^2 sebesar 33.67%.

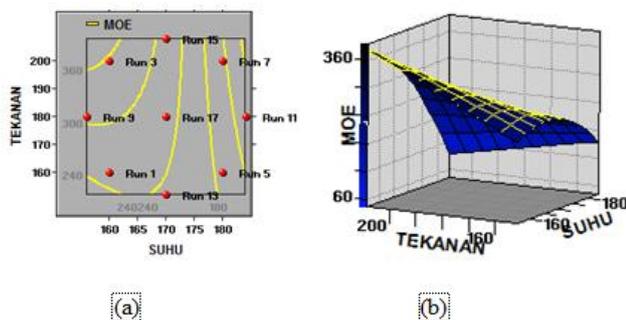
Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu dan tekanan kempa tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pengembangan tebal papan 24 jam. Pengembangan tebal papan 24 jam optimum (19.83%) diperoleh pada suhu kempa 164.95°C dan tekanan 171.52 kgf/cm².

MOE merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan di bawah batas elastis sehingga benda akan kembali pada bentuk semula jika beban dilepaskan (Mardikanto *et al.* 2011). Semakin tinggi MOE papan partikel maka kualitas papan partikel tersebut semakin baik. Nilai *lack of fit* model yang diperoleh lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai α , artinya model polinomial orde kedua cocok digunakan untuk mengoptimasi MOE papan partikel: $MOE = -12351.7 + 123.70X_1 + 29.83X_2 - 0.30X_1^2 - 0.17X_1X_2 - 0.0021X_2^2$, dengan R^2 sebesar 31.38%.

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu kempa berpengaruh secara signifikan terhadap MOE papan partikel. Gambar 4 menunjukkan titik stasioner MOE papan berbentuk *saddle point* dan memiliki nilai optimum sebesar 203.02 kgf/cm² yang diperoleh pada suhu kempa 176.65°C dan tekanan 109.25 kgf/cm². MOE papan menurun seiring peningkatan suhu kempa dan mencapai optimum pada suhu 176.65°C.

Keadaan ini berbeda dengan hasil pengujian yang dilakukan oleh Evon *et al.* (2010) dimana MOE dari produk komposit yang dihasilkan meningkat seiring dengan peningkatan suhu kempa. Perbedaan ini kemungkinan besar disebabkan oleh terjeratnya air dalam permukaan papan partikel akibat tingginya suhu kempa yang diterapkan selama pengempaan. Akibatnya sifat mekanik papan partikel termasuk MOE papan menurun dan tidak memenuhi standar.

MOR merupakan nilai yang menggambarkan kekuatan lentur suatu bahan (Mardikanto *et al.* 2011). Kekuatan lentur sendiri dapat diartikan sebagai kapasitas beban maksimum yang dapat diterima oleh bahan tersebut hingga bahan patah. Pada umumnya, papan partikel yang dihasilkan diharapkan memiliki MOR yang tinggi karena semakin tinggi MOR papan partikel maka akan semakin baik pula kualitas yang dimiliki oleh papan partikel tersebut. Namun hasil pengujian menunjukkan nilai MOR belum memenuhi standar JIS A 5908:2003 (Tabel 2).



Gambar 4 Plot kontur (a) dan grafik 3D (b) pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap MOE papan partikel

Hasil ANOVA menunjukkan nilai *lack of fit* model yang lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai α , artinya model polinomial orde kedua cocok digunakan untuk mengoptimasi MOR papan partikel: $MOR = -20.84 + 0.29X_1 + 0.025X_2 - 0.0015X_1^2 + 0.0011X_1X_2 - 0.00061X_2^2$, dengan R^2 sebesar 19.95%.

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa suhu dan tekanan kempa tidak berpengaruh secara signifikan terhadap MOR papan partikel. MOR papan optimum (2.80 kgf/cm²) diperoleh pada suhu kempa 150.06°C dan tekanan 156.11 kgf/cm².

Tinggi rendahnya MOR papan berkaitan erat dengan proses perekatan protein dan serat. Semakin kuat ikatan antara matriks (protein) dan struktur penguat (serat) maka akan semakin baik pula MOR papan partikel yang dihasilkan. Ciannanea *et al.* (2010) menjelaskan bahwa proses modifikasi protein, termasuk perlakuan panas dapat memutuskan ikatan hidrogen dalam gulungan molekul protein. Hal ini mengakibatkan gulungan protein terbuka dan membongkar gugus-gugus polar (hidroksil dan karboksil) yang dimiliki oleh protein. Gugus-gugus polar inilah yang pada akhirnya berikatan dengan gugus hidroksil yang dimiliki oleh serat. Proses ini mengakibatkan protein dan serat saling berikatan dan dimanfaatkan dalam proses pembuatan papan partikel.

Perbandingan Papan Partikel Hasil Penelitian Terbaik Dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian terbaik diperoleh pada suhu dan tekanan kempa masing-masing sebesar 160°C dan 160 kgf/cm². Suhu dan tekanan kempa ini dipilih sebagai kondisi kempa optimum karena menghasilkan MOR papan tertinggi. Proses akhir yang dilakukan adalah membandingkan hasil penelitian terbaik dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan tanpa perlakuan pendahuluan *steam explosion* pada kondisi kempa yang sama (Tabel 3).

Papan partikel yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki daya serap air 2 kali lebih besar. Selain itu, papan partikel ini juga memiliki MOE 6 kali lebih rendah dan MOR 2 kali lebih rendah bila dibandingkan dengan papan partikel yang dikempa tanpa perlakuan pendahuluan *steam explosion*. *Steam explosion* telah menyebabkan papan partikel yang dihasilkan bersifat lebih higroskopis. Hal ini tidak sesuai dengan target peningkatan sifat mekanik yang diinginkan melalui perlakuan pendahuluan *steam explosion*. Evon *et al.* (2010) menjelaskan bahwa pada proses pengempaan panas struktur protein kemungkinan besar hancur secara ireversibel dan proses pembentukan kembali struktur protein ini memungkinkan peningkatan fleksibilitas dan sifat mekanik bahan. Namun *steam explosion* dan pengempaan suhu tinggi yang dilakukan pada penelitian ini justru menimbulkan dampak negatif berupa peningkatan sifat hidrofilik protein. Akibatnya papan yang dihasilkan bersifat lebih higroskopis dan sifat mekaniknya menurun.

Tabel 3 Perbandingan papan partikel hasil penelitian terbaik dengan penelitian sebelumnya

Parameter	Hasil Penelitian Terbaik (T = 160 °C, P= 160 kgf/cm ²)	Hasil Penelitian Sebelumnya (tanpa <i>steam explosion</i>) (Kautsar 2013)
Kerapatan (g/cm ³)	0.85	0.95
Kadar air (%)	5.05	5.54
Daya serap air (%)	101.47	50.07
Pengembangan tebal (%)	18	17.87
MOE (kgf/cm ²)	256.65	1568.15
MOR (kgf/cm ²)	4.73	8.79

Buruknya sifat mekanik papan partikel yang dihasilkan juga dapat disebabkan oleh minimnya jumlah serat dalam bungkil jarak kepyar yang digunakan bila dibandingkan dengan jumlah protein yang tersedia. Dalam penelitian ini, rasio antara jumlah protein dan serat yang digunakan adalah 3.11 sedangkan dalam penelitian Lestari dan Kartika (2012) rasionya adalah 1.84. Rendahnya jumlah serat sebagai penguat bila dibandingkan dengan jumlah protein sebagai matriks dalam papan partikel pada akhirnya menyebabkan berkurangnya kekuatan ikatan papan partikel yang dihasilkan. Peningkatan sifat mekanik dapat dilakukan dengan penambahan bahan lain yang memiliki kandungan serat lebih tinggi misalnya bagas tebu atau jerami yang memiliki selulosa masing-masing sebesar 33.4% dan 32.1% (Howard *et al.* 2003).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Suhu dan tekanan kempa berpengaruh secara signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik papan partikel yang dihasilkan. Suhu dan tekanan kempa optimum untuk pembuatan papan partikel dengan perlakuan pendahuluan *steam explosion* masing-masing adalah sebesar 160°C dan 160 kgf/cm². Papan partikel yang dihasilkan pada kondisi pengempaan ini belum menunjukkan sifat fisik dan mekanik yang lebih baik bila dibandingkan dengan papan partikel yang dikempa tanpa perlakuan pendahuluan.

Saran

Pada penelitian pembuatan papan partikel dari bungkil jarak kepyar selanjutnya, perlakuan pendahuluan *steam explosion* tidak diperlukan terhadap bungkil. Upaya peningkatan sifat mekanik (MOE dan MOR) papan dapat dilakukan dengan penambahan sumber perekat nabati (misalnya sagu) dan sumber serat lainnya (misalnya jerami dan bagas tebu). Adapun tingginya daya serap air dan pengembangan tebal papan dapat diminimumkan dengan penambahan parafin pada bungkil jarak kepyar yang akan dikempa.

DAFTAR PUSTAKA

[ASTM] American Standard Testing and Material Internasional. 2007. *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber*. USA: ASTM.

Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. 2007. *Forest Product and Wood Science* 5th ed. United States of America: Blackwell Publishing.

Ciannamea EM, Stefani PM, Ruseckaite RA. 2010. Medium-density particleboards from modified rice husks and soybean protein concentrate-based adhesives. *Bioresource Technology*. 101:818-825.

Evon P, Vandenbossche V, Pontailer P, Rigal L. 2010. Thermo-mechanical behavior of raffinate resulting from aqueous extraction of sunflower whole plant in twin-screw extruder: manufacturing of biodegradable agromaterials by thermo-pressing. *Advance Material Research*. 112:63-72.

Ginting SH. 2009. *Oriented strand board* dari tiga jenis bambu [skripsi]. Medan: Universitas Sumatra Utara.

Haygreen JG, Bowyer JL. 1986. *Hasil Hutan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar*. Hadikusumo SA, penerjemah. Yogyakarta : UGM Press. Terjemahan dari: *Forest Products and Wood Science, an Introduction*.

Howard RL, Abotsi E, Rensburg JV, Howard S. 2003. Lignocellulose biotechnology, issues of bioconversion and enzyme production. *African Journal of Biotechnology*. 2(12):602-619.

[JIS A] Japanese Standard Association. 2003. *Particleboard*. Japan: JIS.

Kautsar IQ. 2013. Pembuatan binderless papan partikel dari bungkil jarak kepyar (*Ricinus communis* L.) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Ketaren S. 2008. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press.

Kumar R, Choudhary V, Mishra S, Varma IK, Mattiason B. 2002. Adhesives and plastic based on soy protein products. *Industrial Crops and Products*. 16(3):155-172.

Lambuth AL. 1977. *Soybean glues*. In: Keist I.S. (Eds). *Handbook of Adhesives* 2nd ed. New York (USA): Van Nostrand Reinhold.

Lestari S, Kartika IA. 2012. Pembuatan papan partikel dari ampas biji jarak pagar pada berbagai kondisi proses. *JAII*. 1(1):11-17.

- Li X, Li Y, Zhong Z, Wang D, Ratto JA, Sheng K, Sun XS.** 2009. Mechanical and water soaking properties of medium density fiberboard with wood fiber and soybean protein adhesives. *Bioresource Technology*. 100(14):3556-3562.
- Maloney TM.** 1993. *Modern Particle Board and Dry Process Fiberboard*. San Fransisco: Miller Freeman.
- Massijaya MY, Hadi YS, Marsiah H.** 2005. Pemanfaatan limbah kayu dan karton sebagai bahan baku papan komposit. Laporan LPPM. Institut Pertanian Bogor.
- Mardikanto TR, Karlinasari L, Bahtiar ET.** 2011. *Sifat Mekanis Kayu*. Bogor: IPB Press.
- Mo X, Sun XS, Wang Y.** 1999. Effect of molding temperature and pressure on properties of soy protein polymers. *Application of Polymer Science*. 73(13): 2595-2602.
- Santoso A, Sutigno P.** 2004. Pengaruh fumigasi ammonium hidroksida terhadap emisi formaldehid kayu lapis dan papan partikel. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 22:9-16.
- Setiawan B.** 2008. Papan partikel dari sekam padi [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Xu J, Sugawara R, Widyorini R, Han G, Kawai S.** 2004. Manufacture and properties of low-density binderless particle board from kenaf core. *Journal of Wood Science*. 50(1):62-67.
- Zhong Z, Sun XS, Fang X, Ratto JA.** 2001. Adhesion strength of sodium dodecyl sulfate-modified soy protein to fiberboard. *Adhesion Science and Technology*. 15(12): 1417-1427