

**PEMBUATAN *BINDERLESS* PAPAN PARTIKEL DARI BUNGKIL JARAK KEPYAR
(*Ricinus communis* L.)**

***PRODUCTION OF BINDERLESS PARTICLEBOARD FROM CASTOR CAKE MEAL
(Ricinus communis L.)***

Ika Amalia Kartika*, Iddea Qodriaza Kautsar, Farah Fahma

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB
Kampus IPB Darmaga P.O. Box 220, Bogor 16002
Tel.: +62 251 8621974; fax: +62 251 8625088
E-mail: ikatk@yahoo.com

ABSTRACT

*Castor cake meal is by-product generated from castor oil industry which contains high protein (38.58%). This research used castor cake meal as raw material for binderless particleboard production. The objective of this research was to determine the effect of pressing temperature and pressure on physical and mechanical properties of particleboard, and to obtain the optimum pressing temperature and pressure for particleboard production. The experimental design used Central Composite Design with variables of temperature (160-180°C) and pressure (160-200 kgf/cm²). Data obtained were analyzed by ANOVA ($\alpha = 0.05$) and Response Surface Method. The physical and mechanical properties of particleboard were tested based on JIS A 5908:2003. Generally the physical and mechanical properties of particleboard were not accordance to JIS A 5908:2003 except for moisture content. Pressing temperature and pressure affected the physical and mechanical properties of particleboard. The optimum temperature and pressure to produce the particleboard from castor cake meal were respectively 160°C and 200 kgf/cm² with density of 0.94 g/cm³, moisture content of 5.85%, water absorption for 2 h of 42.9%, water absorption for 24 h of 80.4%, thickness swelling for 2 h of 27.8%, thickness swelling for 24 h of 36.2%, MOE of 2726.9 kgf/cm² and MOR of 14.9 kgf/cm².
Keywords: Binderless particleboard, castor cake meal MOE, MOR*

ABSTRAK

Bungkil jarak kepyar merupakan produk samping proses ekstraksi minyak, yang mengandung protein tinggi (38,58 %). Penelitian ini memanfaatkan bungkil jarak kepyar sebagai bahan baku *binderless* papan partikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan tekanan terhadap sifat fisik dan mekanik papan partikel, dan untuk mendapatkan suhu dan tekanan optimum dalam pembuatan papan partikel dari bungkil jarak kepyar. Rancangan percobaan yang digunakan ialah *Central Composite Design* dengan variabel suhu (160-180°C) dan tekanan (160-200 kgf/cm²), dan analisis data menggunakan ANOVA ($\alpha = 0,05$) dan *Response Surface Method*. Sifat fisik dan mekanik diuji berdasarkan standar JIS A 5908:2003. Hasil pengujian sifat fisik menunjukkan bahwa mayoritas sifat fisik papan partikel belum memenuhi standar JIS A 5908:2003 kecuali kadar air. Hasil pengujian sifat mekanik menunjukkan bahwa MOE berada pada rentang 112-2727 kgf/cm² dan MOR pada rentang 1-15 kgf/cm² yang nilainya juga masih belum memenuhi standar JIS A 5908:2003. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa suhu dan tekanan berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik papan partikel yang dihasilkan. Suhu dan tekanan optimum untuk pembuatan *binderless* papan partikel ini masing-masing sebesar 160°C dan 200 kgf/cm², yang menghasilkan kerapatan 0,94 g/cm³, kadar air 5,85%, daya serap air 2 jam 42,9%, daya serap air 24 jam 80,4%, pengembangan tebal 2 jam 27,8%, pengembangan tebal 24 jam 36,2%, MOE 2726,9 kgf/cm² dan MOR 14,9 kgf/cm².

Kata kunci: *Binderless* papan partikel, bungkil jarak kepyar, MOE, MOR

PENDAHULUAN

Jarak kepyar (*Ricinus communis* L.) adalah tumbuhan semak tahunan dan merupakan salah satu jenis tanaman yang relatif toleran terhadap kekeringan. Tanaman ini menjadi tanaman penghasil minyak nabati yang penting bagi industri terutama industri kosmetik dan farmasi (Heywood *et al.* 2007). Pemanfaatan jarak kepyar sebagai *castor oil* sangat tepat karena menghasilkan biji dengan kadar minyak tinggi, yaitu sekitar 48% (Wang *et al.* 2011). Berkaitan dengan hal tersebut, agroindustri tanaman jarak kepyar di Indonesia mulai dikembangkan secara luas. Saat ini, PT. Kimia Farma dan Perum Perhutani telah membangun kebun

benih jarak kepyar yang mampu meningkatkan produksi hingga 2000 ton/ tahun (Anonim 2012).

Dengan semakin meningkatnya produksi minyak jarak kepyar di Indonesia, produksi bungkil jarak kepyar pun semakin meningkat. Selama ini bungkil jarak dianggap sebagai limbah dan baru dimanfaatkan menjadi pupuk organik (Rivale *et al.* 2006) dan biobriket (Budiman *et al.* 2010). Pengolahan bungkil jarak menjadi biobriket dan pupuk ini hanya memberikan nilai tambah yang rendah. Oleh sebab itu perlu pemanfaatan bungkil jarak menjadi produk lain yang bernilai tambah tinggi, contohnya seperti papan partikel.

Papan partikel adalah produk panel yang terbuat dari partikel-partikel kayu melalui proses pengempaan

dan diikat dengan perekat (Bowyer *et al.* 2003). Semakin terbatasnya jumlah bahan baku kayu menyebabkan pengembangan bahan baku papan partikel selain dari kayu, misalnya dari bahan lignoselulosa lainnya terutama bahan-bahan yang dianggap limbah. Banyak penelitian yang mengeksplorasi sumber lignoselulosa sebagai papan partikel, baik tanpa perekat atau *binderless* maupun dengan perekat alami. Beberapa penelitian yang telah dilakukan diantaranya adalah pemanfaatan ampas tanaman bunga matahari dengan protein dalam ampas tersebut sebagai perekatnya (Evon *et al.* 2010), sabut kelapa dengan lem kopal (Sudarsono *et al.* 2010), dan bungkil biji jarak pagar dengan protein sebagai perekatnya (Zuanda 2012; Lestari 2012).

Binderless papan partikel dari bungkil dapat diproduksi jika bahan memiliki kadar protein dan serat yang tinggi. Hal ini karena protein dan serat dapat saling berinteraksi dan membentuk ikatan dengan adanya perlakuan *thermo-pressing* (Evon *et al.* 2010). Protein berfungsi sebagai perekat, sedangkan serat sebagai sumber lignoselulosa. Dengan proses pengempaan yang optimal, sifat fisik dan mekanik papan partikel dapat ditingkatkan. Berdasarkan hasil penelitian Li *et al.* (2009), suhu dan waktu kempa berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan interaksi antara protein dan polimer permukaan serat, dan menyebabkan kekuatan mekanik yang lebih tinggi. Pada penelitian lainya Subroto *et al.* (2007) menyatakan bahwa tekanan kempa berpengaruh sangat signifikan terhadap kekuatan mekanik papan partikel yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian tersebut, suhu dan tekanan kempa merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam pembuatan *binderless* papan partikel. Hal ini diperkuat oleh Ye *et al.* (2005) bahwa suhu dan tekanan kempa memainkan peranan penting pada sifat mekanik papan partikel.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap sifat fisik dan mekanik papan partikel, serta untuk mendapatkan suhu dan tekanan kempa optimum dalam pembuatan papan partikel dari bungkil jarak keyar.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan adalah bungkil jarak keyar, yang diperoleh dari PT. Kimia Farma Semarang. Bahan-bahan kimia yang digunakan meliputi H_2SO_4 pekat, katalis $CuSO_4 \cdot Na_2SO_4$, asam borat 2%, indikator mensesel, NaOH 6 N, H_2SO_4 0,02 N, H_2SO_4 0,325 N, NaOH 1,25 N, alkohol dan heksan. Peralatan yang digunakan adalah saringan 80 mesh, cetakan papan, mesin *hotpress*, inkubator, jangka sorong, oven, *Universal Testing Machine* (UTM), peralatan gelas dan alat-alat untuk analisis proksimat.

METODE

Persiapan dan Karakterisasi Bahan Baku

Persiapan bahan baku dilakukan dengan memperkecil ukuran bungkil menjadi 80 mesh, dan mengeringkannya pada suhu 40-50°C selama 24 jam. Bungkil yang telah halus dan kering tersebut selanjutnya dikarakterisasi dengan menganalisis kadar

air, abu, lemak, protein, serat dan karbohidratnya (*by difference*).

Pembuatan Lembaran Papan

Serbuk bungkil jarak keyar dengan kadar air ± 8 % dibentuk menjadi lembaran papan partikel pada cetakan berukuran 10 cm \times 10 cm \times 0,5 cm. Pada proses ini pendistribusian bahan harus merata agar diperoleh kerapatan yang seragam. Adapun target kerapatan yang diinginkan ialah 0,9 g/cm³. Proses pengempaan papan dilakukan pada suhu 160, 170 dan 180°C dengan tekanan sebesar 160, 180 dan 200 kgf/cm² selama 6 menit. Papan partikel yang dihasilkan selanjutnya dikondisikan selama 14 hari pada suhu sekitar 30°C untuk menghilangkan tegangan pada papan dan untuk mencapai kesetimbangan kadar air papan.

Pengujian Papan Partikel

Papan partikel dipotong-potong dan diuji sifat fisik dan mekaniknya sesuai dengan ASTM D 143-94:2007. Hasil pengujian tersebut kemudian dibandingkan dengan JIS A 5908:2003.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan menggunakan rancangan percobaan *Central Composite Design* (CCD) dengan variabel suhu (A) dan tekanan kempa (B), dan respon kadar air, kerapatan, MOE, MOR, daya serap air dan pengembangan tebal. Data yang diperoleh dari penelitian ini kemudian dianalisis menggunakan ANOVA ($\alpha = 0,05$), dan analisis regresi menggunakan *Response Surface Methode* (RSM). Pengolahan data dilakukan menggunakan *Statistical Analysis System* (SAS) *software*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Bungkil jarak keyar yang digunakan pada penelitian ini adalah produk samping dari proses ekstraksi minyak jarak keyar yang diproduksi oleh PT. Kimia Farma Semarang, Jawa Tengah. Tabel 1 menunjukkan kadar protein dan serat bungkil jarak keyar masing-masing adalah sebesar 43,68% dan 25,03%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitiannya Akande *et al.* (2012). Perbedaan ini kemungkinan disebabkan karena adanya perbedaan asal dan varietas tanaman, iklim dan tempat tumbuh, serta umur panen. Kadar protein dan serat bungkil jarak keyar yang tinggi ini diharapkan dapat menghasilkan sifat fisik dan mekanik papan partikel yang baik pula.

Komposit merupakan produk hasil dari kombinasi dua atau lebih komponen organik atau inorganik (Winarto, 2009). Dalam produk komposit, suatu bahan bertindak sebagai matriks dimana bahan tersebut mengikat segala sesuatunya bersama, dan bahan lainnya bertindak sebagai penguat dalam bentuk serat-serat yang dibenamkan ke dalam matriksnya. Pada papan partikel dari bungkil jarak keyar, yang berfungsi sebagai matriks adalah protein sedangkan penguatnya adalah serat dimana keduanya terkandung di dalam bungkil jarak keyar itu sendiri. Proses pengikatan antara protein dan serat pada bungkil jarak keyar

tersebut dapat terjadi dengan adanya perlakuan *thermo-pressing*. Hal tersebut terjadi karena serat dan protein dapat membentuk kompleks yang mampu meningkatkan daya kohesi antar permukaan serat pada kondisi suhu dan tekanan kempa tertentu sehingga terbentuk papan partikel (Evon *et al.* 2010).

Tabel 1. Karakteristik bungkil jarak kepyar

Parameter	Nilai (% bb)	Penelitian sebelumnya (% bb) (Akande <i>et al.</i> 2012)
Air	8,29	9,34
Abu	9,67	11,15
Protein	43,68	38,58
Lemak	1,25	-
Serat	25,03	3,46
Karbohidrat	12,08	-

Sifat fisik papan partikel meliputi kerapatan, kadar air, daya serap air dan pengembangan tebal. Dari hasil pengujian papan diperoleh kerapatan dengan rentang nilai antara 0,91-0,98 g/cm³, dan kerapatan optimumnya (0,94 g/cm³) diperoleh pada suhu 160°C dan tekanan 200 kgf/cm².

JIS A 5908:2003 menetapkan standar kerapatan papan partikel sebesar 0,6-0,9 g/cm³, sehingga papan yang dihasilkan dari penelitian ini nilainya lebih tinggi dari standar. Namun demikian kerapatan papan yang ditargetkan dalam penelitian ini adalah 0,9 g/cm³ atau papan dengan kerapatan tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa papan yang dihasilkan dari seluruh perlakuan yang diuji dalam penelitian ini berkerapatan tinggi. Menurut Maloney (2003), papan partikel berkerapatan tinggi adalah papan dengan kerapatan lebih besar dari 0,8 g/cm³. Kerapatan papan yang tinggi ini diharapkan akan menghasilkan kualitas papan partikel yang semakin baik karena seiring dengan peningkatan kerapatan papan maka akan semakin meningkat pula kekuatannya. Hal ini dikarenakan kerapatan berkaitan dengan porositas partikel, yaitu proporsi volume rongga kosong di antara partikel-partikel tersebut. Semakin tinggi kerapatan papan partikel, volume rongga kosong akan semakin kecil sehingga kekakuan dan kekuatannya akan semakin tinggi (Haygreen dan Bowyer 1996). Bowyer *et al.* (2003) menguatkan bahwa kerapatan papan partikel dipengaruhi secara signifikan oleh bahan baku yang digunakan. Semakin rendah kerapatan bahan baku maka kerapatan papan partikel yang dihasilkan akan semakin tinggi, demikian juga kekuatannya.

Kadar Air

Kadar air menunjukkan kandungan air dalam papan partikel, yang merupakan sifat fisik yang sangat penting untuk papan partikel. (Bowyer *et al.* 2003). Hal ini dikarenakan kadar air menunjukkan tingkat kesetimbangan air antara papan partikel dengan lingkungan sekitarnya. Pada umumnya kadar air papan nilainya lebih rendah daripada kadar air bahan bakunya. Hal ini terjadi karena perlakuan panas yang diterima

oleh papan selama proses pengempaan menyebabkan air menguap ke udara. Kadar air papan partikel yang dihasilkan pada penelitian ini berada pada kisaran 5-9%, dan nilai optimumnya (5,85%) diperoleh pada suhu kempa 160°C dan tekanan 200 kgf/cm². Nilai ini telah memenuhi syarat mutu yang ditetapkan oleh JIS A 5908:2003, yaitu sebesar 5-13%.

Hasil analisis keragaman (ANOVA $\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa variabel suhu dan tekanan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar air papan partikel. Interaksi variabel suhu dan tekanan juga tidak berpengaruh secara signifikan. Dengan demikian, kadar air papan partikel nilainya relatif konstan dengan peningkatan suhu dan tekanan kempa

Stabilitas dimensi papan partikel selain dipengaruhi oleh kerapatan, juga dipengaruhi oleh kadar airnya (Xu *et al.* 2004). Fenomena yang umumnya terjadi adalah semakin tinggi kerapatan papan partikel, maka kadar airnya semakin rendah (Setiawan 2008). Hal ini terjadi karena papan partikel yang memiliki kerapatan 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). Fenomena tersebut teramati pada penelitian ini, yaitu papan partikel dengan kerapatan optimum/tinggi (0,94 g/cm³) mempunyai kadar air yang optimum/rendah (5,85%) pula. Dengan demikian, kerapatan tinggi yang diperoleh pada penelitian ini dapat mengurangi kadar air papan partikel dan diharapkan dapat menjaga stabilitas papan partikel.

Daya Serap Air

Daya serap air menunjukkan kemampuan papan partikel dalam menyerap air (Ginting 2009). JIS A 5908:2003 tidak menetapkan syarat mutu untuk daya serap air papan partikel, namun daya serap air perlu diuji untuk mengetahui seberapa besar daya tahan papan terhadap air, terutama jika penggunaan papan untuk kepentingan eksterior. Daya serap air papan partikel pada perendaman selama 2 jam berkisar antara 42-83%, dan nilainya meningkat menjadi 44-90% pada perendaman selama 24 jam.

Hasil analisis keragaman (ANOVA $\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa hanya variabel tekanan kempa yang berpengaruh secara signifikan terhadap daya serap air papan partikel 2 jam. Variabel suhu dan interaksi antara kedua variabel tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap daya serap air papan partikel 2 jam. Dari hasil analisis *lack of fit* diperoleh nilai $p < 0,05$, yang artinya model polinomial orde kedua cocok untuk mengoptimasi variabel suhu dan tekanan kempa dengan respon daya serap air 2 jam.

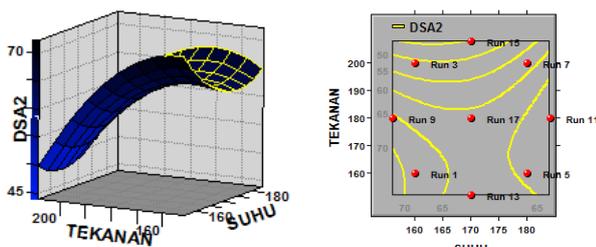
Hasil analisis regresi dengan RSM menunjukkan hubungan linier antara variabel suhu (A) dan tekanan kempa (B) adalah signifikan, dan persamaan polinomial orde kedua yang dihasilkan adalah $Y = 1065,22 - 12,53A + 0,89B + 0,031A^2 - 0,008B^2 + 0,011AB$ dengan R^2 sebesar 32,8%, yang artinya variabel suhu dan tekanan kempa hanya berpengaruh sebesar 32,8% pada daya serap air 2 jam sedangkan 67,2% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Hubungan antara daya serap air papan 2 jam dengan variabel A dan B menghasilkan respon

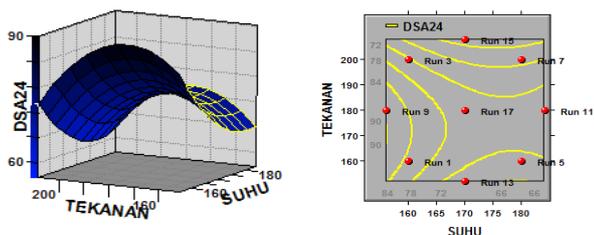
permukaan dan kontur berbentuk *saddle point* (Gambar 1), dengan nilai kritis sebesar 64% yang diperoleh pada suhu kempa 171°C dan tekanan 163 kgf/cm². Berdasarkan hasil eksperimen, daya serap air papan 2 jam terendah (42,9%) diperoleh pada suhu 160°C dan tekanan 200 kgf/cm². Dengan demikian, daya serap air papan 2 jam optimum berdasarkan hasil pemodelan lebih tinggi nilainya daripada hasil eksperimen.

Hasil analisis keragaman (ANOVA $\alpha = 0,05$) untuk respon daya serap air papan 24 jam menunjukkan bahwa hanya variabel suhu kempa yang berpengaruh secara signifikan, sedangkan variabel tekanan kempa dan interaksi antara keduanya tidak berpengaruh secara signifikan. Dari hasil analisis *lack of fit* diperoleh nilai $p < 0,05$, artinya model polinomial orde kedua cocok untuk mengoptimasi variabel suhu dan tekanan kempa dengan respon daya serap air 24 jam.

Hasil analisis regresi dengan RSM menunjukkan hubungan linier dan kuadrat antara variabel A dan B adalah signifikan, dan persamaan polinomial orde kedua yang dihasilkan adalah $Y = 843,41 - 12,96A + 4,38B + 0,034A^2 - 0,015B^2 + 0,004AB$ dengan R^2 sebesar 55%. Hubungan antara daya serap air papan 24 jam dengan variabel A dan B menghasilkan respon permukaan dan kontur berbentuk *saddle point* (Gambar 2), dengan nilai kritis sebesar 73,7% yang diperoleh pada suhu kempa 178°C dan tekanan 175 kgf/cm². Berdasarkan hasil eksperimen, daya serap air papan 24 jam pada suhu kempa 160°C dan tekanan 200 kgf/cm² adalah 80,4%, artinya terjadi peningkatan sebesar 37,5% dari daya serap air papan 2 jam.



Gambar 1 Respon permukaan dan kontur pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap daya serap air papan partikel 2 jam



Gambar 2 Respon permukaan dan kontur pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap daya serap air papan partikel 24 jam

Gambar 2 menunjukkan semakin tinggi suhu maka daya serap air semakin rendah. Hal ini terjadi karena ikatan antara partikel-partikel di dalam papan semakin kuat sehingga daya serap air semakin rendah. Selain itu, daya serap air papan partikel juga dipengaruhi oleh kadar air dan kerapatannya. Pada suhu yang rendah titik ikatan atau kontak antar partikel berkurang, yang berarti area partikel yang terbuka lebih banyak sehingga ketahanan papan terhadap air menjadi rendah (Erniwati *et al.* 2008). Hal ini diperkuat oleh Li *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa peningkatan suhu dan waktu kempa meningkatkan daya tahan papan partikel terhadap air.

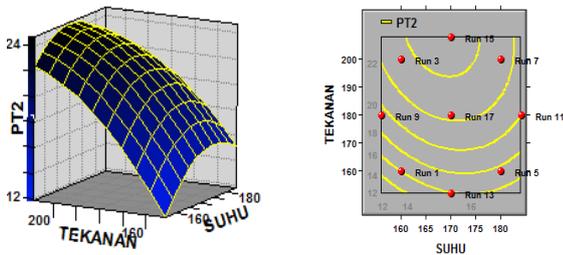
Pengembangan Tebal

Pengukuran pengembangan tebal bertujuan untuk mengetahui perubahan tebal papan partikel akibat adanya sejumlah air yang terserap setelah papan direndam selama periode waktu tertentu (Ginting 2009). JIS A 5908:2003 menetapkan standar untuk pengembangan tebal papan partikel maksimal 12%. Pengembangan tebal papan partikel pada perendaman selama 2 jam berkisar antara 12-29%, dan nilainya meningkat menjadi 20-49% pada perendaman selama 24 jam. Hal ini berarti papan partikel yang dihasilkan pada penelitian ini belum memenuhi standar JIS A 5908:2003.

Hasil analisis keragaman (ANOVA $\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa hanya variabel tekanan kempa yang berpengaruh secara signifikan terhadap pengembangan tebal papan partikel 2 jam. Variabel suhu kempa dan interaksi antara kedua variabel tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pengembangan tebal papan partikel 2 jam. Dari hasil analisis *lack of fit* diperoleh nilai $p < 0,05$, yang artinya model polinomial orde kedua cocok untuk mengoptimasi variabel suhu dan tekanan kempa dengan respon pengembangan tebal papan 2 jam.

Hasil analisis regresi dengan RSM menunjukkan hubungan linier antara variabel A dan B adalah signifikan, dan persamaan polinomial orde kedua yang dihasilkan adalah $Y = -555,32 + 5,02A + 1,49B - 0,013A^2 - 0,0025B^2 - 0,0024AB$ dengan R^2 sebesar 39,8%. Hubungan antara pengembangan tebal papan 2 jam dengan variabel A dan B menghasilkan respon permukaan dan kontur berbentuk maksimum (Gambar 3), dengan nilai kritis sebesar 24,8% yang diperoleh pada suhu kempa 168°C dan tekanan 211 kgf/cm². Berdasarkan hasil eksperimen, pengembangan tebal papan 2 jam optimum (27,8%) diperoleh pada suhu kempa 160°C dan tekanan 200 kgf/cm². Dengan demikian, pengembangan tebal papan 2 jam optimum berdasarkan hasil pemodelan lebih rendah nilainya daripada hasil eksperimen.

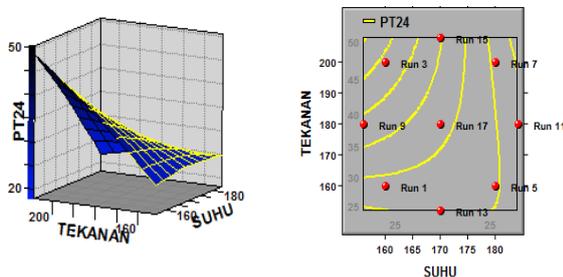
Gambar 3 menunjukkan semakin tinggi tekanan maka pengembangan tebal papan 2 semakin tinggi pula. Hal ini terjadi karena peningkatan tekanan kempa meningkatkan efek pembebasan yang lebih besar sehingga stabilitas dimensi papan partikel semakin rendah (Nugroho dan Naoto 2000).



Gambar 3 Respon permukaan dan kontur pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap pengembangan tebal papan partikel 2 jam

Hasil analisis keragaman (ANOVA $\alpha = 0,05$) untuk respon pengembangan tebal papan 24 jam menunjukkan bahwa hanya variabel suhu kempa yang berpengaruh secara signifikan, sedangkan variabel tekanan kempa dan interaksi antara keduanya tidak berpengaruh secara signifikan. Dari hasil analisis *lack of fit* diperoleh nilai $p > 0,05$, artinya model polinomial orde kedua tidak cocok untuk mengoptimasi variabel suhu dan tekanan kempa dengan respon pengembangan tebal papan 24 jam.

Hasil analisis regresi dengan RSM menunjukkan hubungan linier antara variabel A dan B adalah signifikan, dan persamaan polinomial orde kedua yang dihasilkan adalah $Y = -729,68 + 4,96A + 4,13B - 0,0054A^2 - 0,0013B^2 - 0,020AB$ dengan R^2 sebesar 38,2%. Hubungan antara pengembangan tebal papan 24 jam dengan variabel A dan B menghasilkan respon permukaan dan kontur berbentuk *saddle point* (Gambar 4), dengan nilai kritis sebesar 24,6% yang diperoleh pada suhu kempa 183°C dan tekanan 145 kgf/cm^2 . Berdasarkan hasil eksperimen, pengembangan tebal papan 24 jam pada suhu kempa 160°C dan tekanan 200 kgf/cm^2 adalah 36,2%, artinya terjadi peningkatan sebesar 8,4% dari pengembangan tebal papan 2 jam.



Gambar 4 Respon permukaan dan kontur pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap pengembangan tebal papan partikel 24 jam

Gambar 4 menunjukkan peningkatan suhu kempa menurunkan pengembangan tebal papan 24 jam. Fenomena ini sesuai dengan hasil penelitian Li *et al.* (2009) bahwa peningkatan suhu dan waktu kempa meningkatkan daya tahan papan partikel terhadap air.

Pengembangan tebal papan sangat erat kaitannya dengan penggunaan papan partikel selanjutnya. Pengembangan tebal papan yang tinggi tidak dapat digunakan untuk keperluan eksterior karena stabilitas produk rendah dan sifat mekaniknya akan menurun

secara drastis dalam jangka waktu yang singkat (Massijaya *et al.* 2005). Papan partikel yang dihasilkan dari penelitian ini tidak cocok digunakan untuk keperluan eksterior karena nilai pengembangan tebalnya masih tinggi.

Modulus of Elasticity (MOE)

Modulus of Elasticity (MOE) merupakan ukuran ketahanan papan dalam mempertahankan perubahan bentuk akibat adanya beban (Haygreen dan Bowyer 1996). MOE menunjukkan perbandingan antara tegangan dan regangan di bawah batas elastis sehingga benda akan kembali ke bentuk semula apabila beban dilepaskan (Mardikanto *et al.* 2009). Nilai MOE ini sangat penting untuk mengetahui seberapa kuat ketahanan papan partikel yang dihasilkan. Semakin tinggi MOE papan partikel maka kualitas papan partikel tersebut semakin baik. Menurut Maloney (2003), MOE dipengaruhi oleh kandungan dan jenis bahan perekat yang digunakan, daya ikat perekat dan panjang serat.

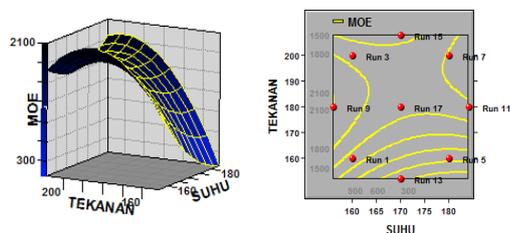
JIS A 5908: 2003 menetapkan standar MOE papan partikel yaitu minimal 20394 kgf/cm^2 . Hasil dari penelitian ini menunjukkan MOE papan berkisar antara 112-2727 kgf/cm^2 , yang berarti belum memenuhi syarat mutu yang ditetapkan oleh JIS A 5908:2003.

Hasil analisis keragaman (ANOVA $\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa hanya variabel tekanan kempa yang berpengaruh secara signifikan terhadap MOE papan partikel. Variabel suhu kempa dan interaksi antara kedua variabel tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap MOE papan. Dari hasil analisis *lack of fit* diperoleh nilai $p < 0,05$, yang artinya model polinomial orde kedua cocok untuk mengoptimasi variabel suhu dan tekanan kempa dengan respon MOE.

Hasil analisis regresi dengan RSM menunjukkan hubungan linier dan kuadratik antara variabel A dan B adalah signifikan, dan persamaan polinomial orde kedua yang dihasilkan adalah $Y = 46705,29 - 714,58A + 168,83B + 1,52A^2 - 0,89B^2 + 1,013AB$ dengan R^2 sebesar 52,2%. Hubungan antara MOE papan dengan variabel A dan B menghasilkan respon permukaan dan kontur berbentuk *saddle point* (Gambar 5), dengan nilai kritis sebesar 1693 kgf/cm^2 yang diperoleh pada suhu 171°C dan tekanan 191 kgf/cm^2 . Berdasarkan hasil eksperimen, MOE papan optimum (2726,9 kgf/cm^2) diperoleh pada suhu 160°C dan tekanan 200 kgf/cm^2 . Dengan demikian, MOE papan optimum berdasarkan hasil pemodelan lebih rendah nilainya daripada hasil eksperimen.

Hasil penelitian Evon *et al.* (2010) menunjukkan bahwa MOE papan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu, tekanan dan waktu kempa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan kempa maka MOE papan juga semakin tinggi. Kecenderungan ini disebabkan karena kerapatan papan meningkat seiring dengan peningkatan tekanan. Pada papan berkerapatan tinggi jumlah partikel yang menyusun lembaran lebih banyak, dan penggunaan tekanan yang besar menyebabkan kontak antar partikel lebih rapat dan kompak sehingga papan partikel yang dihasilkan akan lebih kuat dan kaku (Halligan dan Schniewind 1974).

MOE papan optimum pada penelitian ini adalah 2726,9 kgf/cm², dan nilai ini masih jauh dari standar yang ditetapkan JIS A 5908:2003. Berdasarkan hasil iterasi dari persamaan polinomial orde kedua, untuk mendapatkan MOE papan sesuai dengan standar minimum 20000 kgf/cm² maka suhu kempa harus ditingkatkan hingga 350°C dan tekanan hingga 500 kgf/cm². Alternatif lainnya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanik MOE papan ialah dengan mengekstruksi protein yang terkandung pada bahan baku (Evon *et al.* 2010), menambah perekat alami (Li *et al.* 2009), melakukan perlakuan pendahuluan seperti perebusan dan oksidasi (Suhasman 2010).



Gambar 5 Respon permukaan dan kontur pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap MOE papan partikel

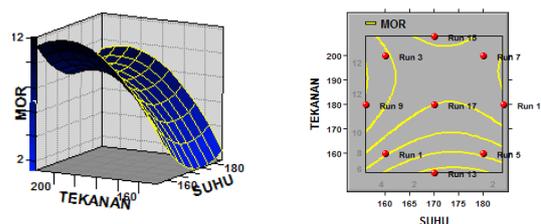
MOE papan optimum pada penelitian ini adalah 2726,9 kgf/cm², dan nilai ini masih jauh dari standar yang ditetapkan JIS A 5908:2003. Berdasarkan hasil iterasi dari persamaan polinomial orde kedua, untuk mendapatkan MOE papan sesuai dengan standar minimum 20000 kgf/cm² maka suhu kempa harus ditingkatkan hingga 350°C dan tekanan hingga 500 kgf/cm². Alternatif lainnya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanik MOE papan ialah dengan mengekstruksi protein yang terkandung pada bahan baku (Evon *et al.* 2010), menambah perekat alami (Li *et al.* 2009), melakukan perlakuan pendahuluan seperti perebusan dan oksidasi (Suhasman 2010).

Modulus of Rupture (MOR)

Modulus of Rupture (MOR) merupakan kekuatan lentur maksimum suatu material hingga material tersebut patah (Mardikanto *et al.* 2009). Semakin tinggi MOR papan partikel kualitas papan partikel juga semakin baik. JIS A 5908:2003 menetapkan standar MOR sebagai syarat mutu papan partikel minimal 8 N/mm² atau setara dengan 81,58 kgf/cm². MOR papan partikel yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 1-15 kgf/cm², yang berarti nilainya masih sangat jauh dari standar yang ditetapkan.

Hasil analisis keragaman (ANOVA $\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa hanya variabel tekanan kempa yang berpengaruh secara signifikan terhadap MOR papan partikel. Variabel suhu kempa dan interaksi antara kedua variabel tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap MOR papan. Dari hasil analisis *lack of fit* diperoleh nilai $p < 0,05$, yang artinya model polinomial orde kedua cocok untuk mengoptimasi variabel suhu dan tekanan kempa dengan respon MOR.

Hasil analisis regresi dengan RSM menunjukkan hubungan linier dan kuadrat antara variabel A dan B adalah signifikan, dan persamaan polinomial orde kedua yang dihasilkan adalah $Y = 256,25 - 4,59A + 1,54B + 0,012A^2 - 0,0044B^2 + 0,00088AB$ dengan R² sebesar 53%. Hubungan antara MOR papan dengan variabel A dan B menghasilkan respon permukaan dan kontur berbentuk *saddle point* (Gambar 6), dengan nilai kritis sebesar 8,57 kgf/cm² yang diperoleh pada suhu 173 °C dan tekanan 193 kgf/cm². Berdasarkan hasil eksperimen, MOR papan optimum (14,9 kgf/cm²) diperoleh pada suhu 160°C dan tekanan 200 kgf/cm². Dengan demikian, MOR papan optimum berdasarkan hasil pemodelan lebih rendah nilainya daripada hasil eksperimen.



Gambar 6 Respon permukaan dan kontur pengaruh suhu dan tekanan kempa terhadap MOR papan partikel

Gambar 6 menunjukkan MOR papan meningkat seiring peningkatan tekanan kempa. Fenomena tersebut terjadi karena semakin tinggi tekanan kempa maka kerapatan papan partikel juga semakin tinggi sehingga ikatan yang terjadi antar partikel menjadi lebih kuat (Kollman *et al.* 1975). Selama proses pengempaan partikel-partikel yang berkerapatan rendah akan lebih mudah memipih, sehingga akan timbul kontak antar partikel yang menguatkan satu dengan lainnya (Maloney 2003). Faktor lain yang juga mempengaruhi nilai MOR papan partikel ialah jumlah perekat, ukuran dan orientasi partikel, serta kadar air (Tsoumis 1991).

MOR optimum papan partikel yang dihasilkan dari penelitian ini adalah 14,9 kgf/cm². Nilai ini belum memenuhi standar JIS A 5908:2003. Berdasarkan hasil iterasi dari persamaan polinomial orde kedua, untuk mendapatkan MOR papan yang memenuhi standar minimal 81,58 kgf/cm² maka suhu kempa harus ditingkatkan hingga 300°C dan tekanan 325 kgf/cm².

Tinggi rendahnya MOR papan partikel dengan perekat protein sangat erat kaitannya dengan kemampuan protein dalam mengikat serat. Semakin kuat ikatan antara protein dan serat maka MOR papan yang dihasilkan juga akan semakin baik. Ciannanea *et al.* (2010) menjelaskan bahwa modifikasi protein melalui perlakuan panas dapat memutus 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 dapat saling berikatan dengan baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Suhu dan tekanan kempa berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik papan partikel dari bungkil jarak kepyar, kecuali terhadap kadar air. Suhu dan tekanan kempa optimum untuk pembuatan papan partikel dari bungkil jarak kepyar adalah 160°C dan 200 kgf/cm², yang menghasilkan papan dengan kerapatan 0,94 g/cm³, kadar air 5,85 %, daya serap air 2 jam 42,9%, daya serap air 24 jam 80,4%, pengembangan tebal 2 jam 27,8%, pengembangan tebal 24 jam 36,2 %, MOE 2726,9 kgf/cm² dan MOR 14,9 kgf/cm².

Saran

Peningkatan kualitas papan partikel dari bungkil jarak kepyar dapat dilakukan dengan penambahan perekat lain seperti tepung sagu, dan serat lignoselulosa lain seperti jerami padi, ampas tebu, dll sehingga dapat memperbaiki sifat mekanik papan partikel. Sedangkan untuk memperbaiki sifat fisik papan partikel dapat dilakukan dengan penambahan parafin sebagai agen hidrofobik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akande TO, Odunsi AA, Olabude OS dan Ojediran TK.** 2012. Physical and nutrient characterisation of raw and processed castor (*Ricinus communis* L) seeds in nigeria. *World Journal of Agricultural Science* 8(1): 89-95.
- Anonim.** 2012. Perum Perhutani – Kimia Farma Sepakat Bangun Kebun Benih Jarak Kepyar [internet]. [diunduh 11 Februari 2013]. Tersedia pada: <http://vetoneews.com/index.php?option=comcontent&view=article&id=1559%3A%20Perum%20Perhutani%20%80%93%20Kimia%20Farma%20%26%20Sepakat%20Bangun%20Kebun%20Benih%20Jarak%20Kepyar%20%26%20Itemid%3D4>.
- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG.** 2003. *Forest Product and Wood Science*. United States of America: Blackwell Publishing Professional.
- Budiman S, Sukrido, Harliana A.** 2010. Pembuatan biobriket dari campuran bungkil biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dengan sekam sebagai bahan bakar alternatif. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses ISSN : 1411-4216 Jurusan Kimia FMIPA UNJANI.
- 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.
- Erniwati, Hadi YS, Massijaya MY, Nugroho N.** 2008 Pengaruh suhu dan waktu kempa terhadap kualitas papan komposit berlapis anyaman bambu. *RIMBA Kalimantan Fakultas Kehutanan Unmul* 13 (2): 106-111.
- Evon P, Vanderbossche V, Pontailer P, Rigal L.** 2010. Thermo-mechanical behavior of the 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]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Halligan AF dan Schniewind AP.** Prediction of particleboard mechanical properties at various moisture contents. *Wood Science and Technology* 8: 68-78.
- Haygreen JG dan Bowyer JL.** 1996. *Hasil Hutan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar* [cetakan ketiga]. Hadikusumo SA. Penerjemah. Yogyakarta: UGM Press.
- Heywood VH, Brummitt RK, Culham A, Seberg O.** 2007. *Flowering Plant Families of The World*. Ontario Canada: Firefly Books.
- Kollman FFP, Kuenzi E, Stamm AJ.** 1975. *Principles of Wood Science and Technology II Wood Based Materials*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Lestari S.** 2012. Pembuatan papan partikel dari ampas biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) pada berbagai kondisi proses. [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- 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 adhesive. *Bioresource Technology* 100: 3556-3562.
- Maloney TM.** 2003. *Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing*. San Francisco: Miller Freeman Inc.
- Mardikanto TR, Karlinasari L, Bahtiar ET.** 2009. *Sifat Mekanis Kayu*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Massijaya MY, Yusuf SH, Marsiah H.** 2005. Pemanfaatan limbah kayu dan karton sebagai bahan baku papan komposit. Laporan Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat.
- Nugroho N dan Naoto A.** 2000. Development of structural composite product made from bamboo: Fundamental properties of bamboo zephyr board. *Journal of Wood Science* 46: 68-74.
- Rivaie AA.** 2006. Potensi ampas biji jarak pagar sebagai pupuk organik. *Informasi Teknologi Jarak Pagar* 1(3): 9-12.
- Setiawan B.** 2008. Papan partikel dari sekam padi [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Subroto, Himawanto DA, Sartono.** 2007. Pengaruh variasi tekanan pengepresan terhadap karakteristik mekanik dan karakteristik

pembakaran briket kokas lokal Surakarta. *Jurnal Teknik Gelagar* 18(1): 73-79.

- Sudarsono, Rusianto T, Suryadi Y.** 2010. Pembuatan papan partikel berbahan baku sabut kelapa dengan bahan pengikat alami (lem kopal). *Jurnal Teknologi* 3(1): 22-32.
- Suhasman, Massijaya MY, Hadi YS, Santoso A.** 2010. Karakteristik papan partikel dari bambu tanpa perekat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 3(1): 38-43.
- 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. *Journal of Wood Science* 50: 62-67.
- Wang ML, Morris JB, Tonnis B, Pinnow D, Davis J, Raymer P, Pederson GA.** 2011. Screening of the entire USDA castor germplasm collection for oil content and fatty acid composition for optimum biodiesel production. *J. Agric. Food Chem.* 59: 9250-9256.
- Winarto DA.** 2009. Komposit dalam pesawat terbang dan pesawat luar angkasa. *Sentra Polimer* VIII(29).
- Ye X, Julson J, Kuo M, Myers D.** 2005. Biocomposite hardboard from renewable biomass bonded with soybean-based adhesive. *Trans. ASABE* 48(4): 1629-1635.
- Zuanda R.** 2012. Kajian Pembuatan papan partikel dari ampas jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) hasil proses transesterifikasi in situ. [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.