

# KUALITAS PAPAN PARTIKEL DARI CAMPURAN SABUT KELAPA DAN PARTIKEL MAHONI DENGAN BERBAGAI VARIASI KADAR PEREKAT PHENOL FORMALDEHIDA

(*Particle Board Quality Made From Composition of Coco Fiber and Mahogany's Particle with Variation of Phenol Formaldehyde Adhesive*)

Heber Fransiskus<sup>1</sup>, Rudi Hartono<sup>2</sup>, Tito Sucipto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Utara, Jl. Tri Dharma Ujung No 1  
Kampus USU Medan 20155

(Penulis Korespondensi: e-mail: heberfransiskus92@gmail.com)

<sup>2</sup>Staff Pengajar Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Utara

*Coco fiber and mahogany can be used as raw material for the manufacture of particle board. Quality of particle board was affected by several things. One of them was affected by particle's composition and adhesive levels. The aim of this research was to evaluated the affect of particle's composition and adhesive levels, and also to find the best treatment. The dimension of sample test was 25x25x1 cm with a density target of 0.7 g/cm<sup>3</sup>. The composition between coco fiber and mahogany were 60:40, 70:30 and 80:20. The adhesive used were phenol formaldehyde with composition of 10%, 12.5% and 15%. Testing the quality of particle board refers to the standard JIS A 5908-2003. The results showed that some of the test on particle board not fulfilled the standards of JIS A 5908-2003, such as MOE and MOR. However, all of density test on particle board had fulfilled the standard. Moisture content test on particle board composition of 80:20 and adhesive content of 12.5% had fulfilled the standard. Thickness swelling test on particle board composition of 60:40 and adhesive content of 15% had fulfilled the standard. And also internal bond test on particle board composition of 60:40 and 70:30 with adhesive content of 15% had fulfilled the standard. The best treatment of this research were a particle board made from composition of 60:40 and adhesive content of 15%.*

**Keywords:** particle board, coco fiber, mahogany, physical and mechanical properties, phenol formaldehyde.

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki areal perkebunan kelapa (*Cocos nucifera*) yang cukup luas. Pada tahun 2012, luas areal perkebunan kelapa seluas 3.781.649 ha dengan produksi kelapa sebanyak 3.189.897 ton pada tahun tersebut. Sedangkan produktivitas kelapa adalah sebanyak 1.157 kg/ha (Kementerian Pertanian, 2012). Sabut kelapa merupakan bagian yang cukup besar dari buah kelapa, yaitu 35% dari berat keseluruhan buah, jadi apabila per tahunnya dihasilkan sekitar 3,1 juta ton kelapa maka dihasilkan sekitar 1 juta ton sabut kelapa.

Potensi sabut kelapa yang sangat besar ini harus dimanfaatkan seoptimal mungkin. Salah satu pemanfaatannya adalah untuk bahan campuran pembuatan papan partikel. Menurut Maloney (1993) Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lain kemudian dikempa panas.

Penelitian papan partikel telah banyak dilakukan dengan menggunakan bahan baku kayu, seperti pada penelitian Putra (2011) dengan kayu jalon, Partini (2003) dengan kayu sengon, dan Safrika (2008) dengan kayu karet. Selain itu penelitian papan partikel juga dilakukan dengan menggunakan bahan baku non-kayu, seperti pada penelitian Fuadi (2009) dengan tandan kosong kelapa sawit, Setiawan (2008) dengan sekam padi, dan Trihusada (2000) dengan bambu kuning. Setiap bahan baku yang digunakan menghasilkan kualitas papan partikel yang berbeda-beda pula.

Penelitian papan partikel menggunakan bahan sabut kelapa sebelumnya sudah dilakukan oleh Ariyani (2009) yaitu dengan variasi campuran serat dan serbuk kelapa dan variasi kadar perekat untuk face dan core (10;12%, 12;14%, 14;16%). Selain itu Amelia (2009) melakukan penelitian menggunakan sabut kelapa dengan metode perendaman panas dan dingin serta menggunakan tiga jenis perekat yang berbeda (UF, MF dan MUF). Secara umum hasil penelitian belum memenuhi standar JIS A 5908-2003, yaitu nilai MOE dan sebagian besar nilai fisis yang dihasilkan. Pada kedua penelitian dapat disimpulkan juga bahwa jenis perekat yang digunakan tidak memberi pengaruh nyata terhadap kualitas papan.

Upaya meningkatkan kualitas papan partikel dari sabut kelapa dilakukan dengan mencampur serat sabut kelapa dengan serutan kayu mahoni. Kayu mahoni dipilih karena serbuknya mudah diperoleh, selain itu menurut Martawijaya et al., (2005) kayu mahoni memiliki berat jenis 0,61 (0,53-0,67) dengan kelas awet III, kelas kuat II-III. Diharapkan pencampuran sabut kelapa dan kayu mahoni dapat meningkatkan kualitas papan partikel yang dihasilkan.

Pembuatan papan partikel membutuhkan perekat, dalam penelitian ini perekat yang digunakan adalah phenol formaldehida (PF). Achmadi (1990) menyatakan bahwa perekat phenol formaldehida merupakan perekat yang memiliki daya tahan yang lebih tinggi terhadap air dibandingkan perekat urea formaldehida, selain itu perekat PF memiliki daya rekat yang lebih baik.

Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian Kualitas Papan Partikel dari Campuran Sabut Kelapa dan Kayu Mahoni dengan Berbagai Variasi Kadar

Perekat Phenol Formaldehida. Sehingga diharapkan penelitian ini menghasilkan kualitas papan partikel yang lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi campuran sabut kelapa dan kayu mahoni serta variasi kadar perekat yang diberikan terhadap kualitas papan yang dihasilkan. Dan juga menentukan variasi campuran sabut kelapa dan kayu mahoni serta variasi kadar perekat PF terbaik.

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Persiapan bahan baku

Persiapan bahan baku dilakukan dengan mengambil sabut kelapa yang sudah tua dari pasar. Sedangkan partikel mahoni diperoleh dari tempat penggerajian kayu (panglong) yang berada di Medan Tuntungan.

### 2. Pengolahan bahan baku

Sabut kelapa yang sudah dijemur kemudian di potong-potong menggunakan parang dengan panjang 2 cm - 5 cm, kemudian digiling dengan mesin untuk memisahkan serat dari gabus sehingga didapatkan serat-serat tunggal sepanjang 2-5 cm. Seruk mahoni yang diperoleh tidak perlu dihaluskan lagi.

### 3. Pengovenan

Pengovenan dilakukan selama 48 jam dengan suhu 80 °C. Diharapkan kadar air pada partikel sabut kelapa dan partikel mahoni mencapai ±5%.

### 4. Penyaringan

Penyaringan partikel sabut kelapa dan juga partikel mahoni bertujuan untuk memisahkan partikel yang kasar dan yang halus. Partikel yang digunakan adalah partikel yang kasar.

### 5. Pencampuran (*blending*)

Kedua jenis partikel dicampurkan dengan perekat PF dengan kadar perekatnya adalah 10%, 12,5%, 15. Kadar perekat pada penelitian ini mengacu pada penelitian Trihusada (2000). Sedangkan perbandingan sabut kelapa dan partikel mahoni yang digunakan adalah 60:40, 70:30, 80:20 yang mengacu pada penelitian Iswanto *et al.*, (2012).

### 6. Pembentukan lembaran

Partikel yang telah dicampur dengan perekat dimasukkan ke dalam pencetakan lembaran. Pembentukan lembaran dilakukan dengan menggunakan alat pencetak lembaran ukuran 25 cm x 25 cm x 1 cm.

### 7. Pengempaan panas (*hot pressing*)

Pengempaan dilakukan dengan menggunakan alat kempa panas (*hot press*). Tekanan kempa sebesar 25 kgf/cm<sup>2</sup> pada suhu 150°C selama 10 menit. Proses pengempaan panas mengacu pada penelitian Siregar (2013).

### 8. Pengkondisian (*conditioning*)

Pengkondisian selama 14 hari pada suhu kamar dimaksudkan agar kadar air papan komposit mencapai kesetimbangan. Pengkondisian dilakukan untuk menyeragamkan kadar air dan menghilangkan tegangan sisa yang terbentuk selama proses pengempaan panas. Selain itu

pengkondisian dimaksudkan agar kadar air papan komposit mencapai kesetimbangan.

### 9. Pemotongan Contoh Uji

Papan partikel yang telah mengalami *conditioning* kemudian dipotong sesuai dengan tujuan pengujian yang dilakukan. Ukuran contoh uji disesuaikan dengan standar pengujian SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel.

## PENGUJIAN SIFAT FISIS PAPAN PARTIKEL

Pengujian ini meliputi pengujian kerapatan papan partikel, kadar air papan partikel, dan pengembangan tebal.

### a. Kerapatan

$$\rho = \frac{B}{V}$$

Keterangan:

$\rho$  = kerapatan (g/cm<sup>3</sup>)

B = berat contoh uji kering udara (g)

V = volume contoh uji kering udara (cm<sup>3</sup>)

### b. Kadar air

$$KA (\%) = \frac{BA - BKT}{BKT} \times 100 \%$$

Keterangan:

KA = kadar air (%)

BA = berat awal (g)

BKT = berat kering tanur (g)

### c. Daya Serap Air

$$DSA = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\%$$

Keterangan:

DSA = daya serap air (%)

B<sub>1</sub> = berat sebelum perendaman (g)

B<sub>2</sub> = berat setelah perendaman (g)

### d. Pengembangan Tebal

$$TS (\%) = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

Keterangan:

TS = pengembangan tebal (%)

T<sub>1</sub> = tebal sebelum perendaman (g)

T<sub>2</sub> = tebal setelah perendaman (g)

## PENGUJIAN SIFAT MEKANIS PAPAN PARTIKEL

### a. Keteguhan Rekat Internal (*Internal Bond*)

$$IB = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

IB = keteguhan rekat (kg/cm<sup>2</sup>)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang (cm<sup>2</sup>)

- b. Keteguhan Patah (MOR) dan Keteguhan Lentur (MOE)

$$MOR = \frac{3PL}{2bh^2} \quad MOE = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta Y bh^3}$$

Keterangan :

- P = beban maksimum (kgf)  
 L = jarak sangga (15 cm)  
 b = lebar contoh uji (cm)  
 h = tebal contoh uji (cm)  
 $\Delta P$  = perubahan beban yang digunakan (kg)  
 $\Delta Y$  = perubahan defleksi setiap perubahan beban (cm)

## Analisis Data

Model rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) faktorial. Model yang digunakan tersusun atas 2 faktor perlakuan, faktor A dan faktor B dengan ulangan sebanyak 3 kali. Faktor A adalah kadar komposisi sabut kelapa dan partikel mahoni yaitu 60:40, 70:30, 80:20. Sedangkan faktor B adalah kadar perekat PF yaitu 10%, 12,5%, 15%. Model umum rancangan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan :

- $Y_{ijk}$  = pengamatan komposisi sabut kelapa dan partikel mahoni pada taraf ke-i, kadar perekat PF pada taraf ke-j, dan ulangan ke-k.  
 $\mu$  = nilai rata-rata pengamatan.  
 $A_i$  = pengaruh variasi komposisi sabut kelapa dan partikel mahoni pada taraf ke-i.  
 $B_j$  = pengaruh variasi kadar perekat PF pada taraf ke-j.  
 $(AB)_{ij}$  = pengaruh interaksi komposisi sabut kelapa dan partikel mahoni pada taraf ke-i dengan kadar perekat pada taraf ke j.  
 $\epsilon_{ijk}$  = kesalahan (galat) percobaan pada faktor komposisi sabut kelapa dan partikel mahoni taraf ke-i dan faktor kadar perekat PF pada taraf ke-j dan ulangan ke-k.

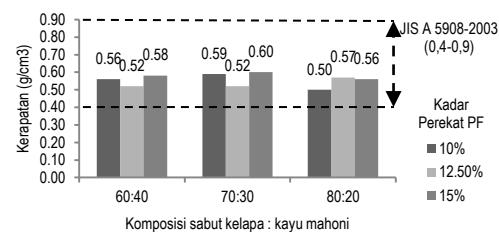
Pengaruh perlakuan terhadap respon dapat dilihat melalui analisis keragaman dengan menggunakan uji F pada tingkat kepercayaan 95% (nyata). Sedangkan kriteria ujinya yang digunakan adalah jika F hitung lebih kecil atau sama dengan F tabel maka perlakuan tidak berpengaruh nyata pada suatu tingkat kepercayaan tertentu dan jika F hitung lebih besar dari F tabel maka perlakuan berpengaruh nyata pada tingkat kepercayaan tertentu. Uji lanjut dengan menggunakan uji Duncan dilakukan apabila interaksi kedua perlakuan berpengaruh nyata.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kerapatan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai rata-rata dari kerapatan papan partikel yang dihasilkan berkisar antara 0,52-0,60 g/cm<sup>3</sup>, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 0,56 g/cm<sup>3</sup>. Rekapitulasi rata-rata

nilai kerapatan papan partikel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerapatan papan partikel

Pada Gambar 1 terlihat bahwa nilai kerapatan terendah papan partikel terdapat pada papan dengan kadar perekat 10% dan komposisi 80:20 yaitu 0,50 g/cm<sup>3</sup>. Sedangkan nilai kerapatan tertinggi papan partikel terdapat pada papan dengan kadar perekat 15% dan komposisi 70:30 yaitu 0,60 g/cm<sup>3</sup>.

Nilai kerapatan papan partikel tidak mencapai target yang diinginkan yaitu 0,70 g/cm<sup>3</sup>, karena nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan yaitu 0,50-0,60 g/cm<sup>3</sup>. Papan partikel mengalami *spring back* yang lebih besar sehingga tebal akhir papan yang inginkan kurang terpenuhi. Hal ini akan menyebabkan kerapatan papan partikel yang dihasilkan cenderung rendah. Hadi (1998) menyatakan bahwa *spring-back* merupakan penambahan tebal papan partikel setelah proses siklis yang terjadi karena adanya usaha dari papan partikel tersebut untuk membebaskan tegangan yang tersisa didalamnya yang diakibatkan oleh pemberian tekanan berupa pengempaan panas pada saat pembuatan papan.

Nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan (0,50-0,60 g/cm<sup>3</sup>) lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai kerapatan papan partikel sabut kelapa yaitu 0,62-0,69 g/cm<sup>3</sup> (Ariyani, 2009), papan partikel sabut kelapa dengan perendaman panas dan dingin 0,50-0,69 g/cm<sup>3</sup> (Amelia, 2009) dan juga dengan papan partikel dari tandan kosong kelapa sawit 0,70-0,80 g/cm<sup>3</sup> (Fuadi, 2009). Nilai kerapatan yang lebih rendah diduga karena perlakuan pendahuluan berupa perendaman bahan baku sabut kelapa tidak dilakukan. Sehingga zat ekstraktif yang terdapat pada sabut kelapa diduga dapat mengganggu proses perekatan. Nilai kerapatan papan partikel sabut kelapa yang dihasilkan sudah memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan nilai kerapatan papan partikel berkisar antara 0,50-0,90 g/cm<sup>3</sup>.

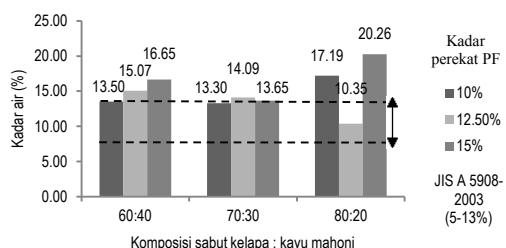
Nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan bervariasi, secara umum Gambar 1 menunjukkan adanya peningkatan nilai kerapatan seiring penambahan kadar perekat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sarta (1987) dalam Trihusada (2000) yang menjelaskan bahwa, semakin tinggi kadar perekat yang digunakan, maka semakin tinggi pula sifat fisis-mekanis nya. Sifat hidrokskopis sabut kelapa yang tinggi membutuhkan perekat yang lebih banyak. Penambahan kadar perekat akan menambah massa bahan baku sehingga kerapatan yang diperoleh semakin tinggi.

Secara umum penambahan serbuk kayu mahoni meningkatkan nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan. Keberadaan berat jenis kayu mahoni yang diduga lebih tinggi dibandingkan sabut kelapa memberikan peningkatan kerapatan papan yang dihasilkan. Kelley (1997) melaporkan bahwa beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kerapatan papan partikel diantaranya berat jenis kayu, tekanan kempa, jumlah perekat dan aditif.

Menurut analisis ragam, perlakuan komposisi partikel dan kadar perekat tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan. Interaksi antara kedua perlakuan juga tidak berpengaruh nyata. Tidak berpengaruhnya kedua perlakuan dikarenakan kerapatan papan partikel yang dihasilkan tidak memenuhi target yaitu  $0,7 \text{ g/cm}^3$ .

### Kadar Air

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai rata-rata dari kadar air papan partikel yang dihasilkan berkisar antara 13,30-20,26%. Rekapitulasi rata-rata nilai kadar air papan partikel dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kadar air papan partikel

Pada Gambar 2 terlihat bahwa nilai kadar air terendah papan partikel terdapat pada papan dengan kadar perekat 10% dan komposisi 70:30 yaitu senilai 13,30%. Sedangkan nilai kadar air tertinggi papan partikel terdapat pada papan dengan kadar perekat 15% dan komposisi 80:20 yaitu senilai 20,26%.

Pada komposisi papan partikel 60:40 dapat dilihat bahwa penambahan kadar perekat PF berpengaruh terhadap kadar air yang dihasilkan. Kadar air meningkat seiring dengan penambahan kadar perekat. Namun tidak demikian pada papan partikel dengan komposisi 70:30 dan 80:20. Hal ini terjadi karena penambahan perekat secara tidak langsung akan menambah kadar air papan partikel. Haygreen dan Bowyer (1996) menjelaskan, apabila dalam pembuatan papan partikel menggunakan jenis perekat cair, maka partikel yang digunakan harus dalam kondisi kering (2% - 5%), karena dengan ditambahkannya perekat, kadar air akan bertambah  $\pm 4\% - 6\%$ .

Pengaruh komposisi sabut kelapa dan partikel mahoni terhadap kadar air pada penelitian ini dapat kita lihat pada penambahan sabut kelapa. Secara umum penambahan sabut kelapa meningkatkan nilai kadar air papan partikel. Hal ini diduga karena sifat sabut kelapa yang higroskopis. Tyas (2000) menyebutkan bahwa serbuk sabut kelapa memiliki daya serap sangat tinggi hingga 8-9 kali. Nilai kadar air juga dipengaruhi oleh pengempaan panas papan partikel. Selain itu pengempaan panas diduga dapat menurunkan nilai

kadar air, namun sebaliknya pengkondisionan papan partikel diduga dapat meningkatkan nilai kadar air papan partikel sampai pada kadar air kesetimbangan dengan lingkungan sekitarnya.

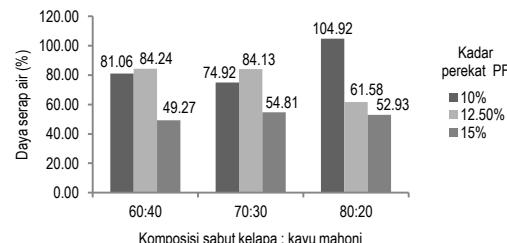
Nilai kadar air papan partikel yang dihasilkan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan papan partikel dari sabut kelapa yaitu 8,62-10,47% (Amelia, 2009), kemudian lebih tinggi juga apabila dibandingkan dengan papan partikel dari tandan kosong kelapa sawit yaitu 10,17-11,43% (Fuadi, 2009). Tingginya kadar air ini diduga karena rendahnya kerapatan papan partikel yang dihasilkan yaitu 0,50-0,60  $\text{g/cm}^3$ . Rendahnya kerapatan menyebabkan rongga untuk air masuk ke dalam papan partikel menjadi semakin banyak. Menurut Ruhendi *et al.*, (2007), kadar air papan komposit dipengaruhi oleh kerapatannya, papan dengan kerapatan tinggi memiliki ikatan antar molekul partikel dengan molekul perekat terbentuk sangat kuat sehingga molekul air sulit mengisi rongga yang terdapat dalam papan komposit karena terisi dengan molekul perekat.

Kadar air papan partikel diduga juga dipengaruhi oleh kadar air bahan baku. Semakin tinggi kadar air bahan baku pembentukannya maka semakin tinggi kadar air papan partikel yang dihasilkan, karena pada saat proses pengempaan tidak semua uap air dapat dikeluarkan dari dalam papan. Dalam penelitian ini kadar air bahan baku sabut kelapa yang diperoleh adalah sebesar 5%, sedangkan untuk serbuk kayu mahoni adalah 8%.

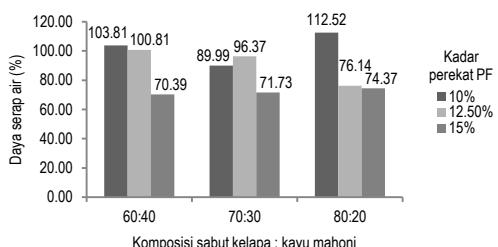
Berdasarkan JIS A 5908-2003 nilai rata-rata kadar air papan partikel yang dihasilkan secara keseluruhan belum memenuhi standar yang mensyaratkan kadar air papan partikel sebesar 5-13%. Berdasarkan analisis ragam yang dilakukan, kedua perlakuan baik kadar perekat maupun komposisi partikel berpengaruh nyata terhadap kadar air papan partikel yang dihasilkan, namun interaksi antara kedua perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kadar air yang dihasilkan.

### Daya Serap Air

Nilai rata-rata hasil pengujian daya serap air untuk perendaman 2 jam berkisar antara 49,27-104,92% sedangkan untuk perendaman 24 jam berkisar antara 70,39-112,52%. Rekapitulasi rata-rata nilai daya serap air papan partikel dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Daya serap air papan partikel 2 jam



Gambar 4. Daya serap air papan partikel 24 jam

Pada Gambar 3 terlihat bahwa nilai daya serap air terendah papan partikel perendaman 2 jam terdapat pada papan dengan kadar perekat 15% dan komposisi 60:40 yaitu 49,27%. Sedangkan nilai daya serap air tertinggi terdapat pada papan dengan kadar perekat 10% dan komposisi 80:20 yaitu 104,92%.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa nilai daya serap air terendah papan partikel perendaman 24 jam terdapat pada papan dengan kadar perekat 15% dan komposisi 60:40 yaitu 70,39%. Sedangkan nilai daya serap air tertinggi terdapat pada papan dengan kadar perekat 10% dan komposisi 80:20 yaitu 112,52%.

Lama perendaman yang dilakukan meningkatkan daya serap air papan partikel yang dihasilkan, sehingga dapat dilihat pada papan partikel terjadi peningkatan daya serap air pada perendaman 24 jam dibandingkan perendaman 2 jam. Hal ini terjadi karena sifat hidroskopis bahan baku sabut kelapa dan kayu mahoni. Pada papan partikel terdapat saluran kapiler dan luas permukaan partikel yang tidak dapat tertutupi oleh perekat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Djalal (1984) dalam Setiawan (2008) yang menyebutkan bahwa adanya saluran kapiler yang menghubungkan antar ruang kosong, volume ruang kosong di antara partikel, dan luas permukaan partikel yang tidak dapat ditutupi perekat. Hal tersebut menyebabkan air masuk ke dalam papan sampai pada titik jenuhnya.

Setelah perendaman selama 24 jam, secara umum dapat dilihat bahwa penambahan kadar perekat berpengaruh terhadap daya serap air yang dihasilkan. Daya serap air semakin rendah seiring penambahan kadar perekat papan partikel. Hal ini diduga karena perekat PF dapat mencegah masuknya air ke dalam rongga-rongga papan. Menurut Tsoumis (1991) kualitas rekat dari PF sangat baik. Hal tersebut membuat bidang rekat yang dihasilkan tahan terhadap air dingin dan air mendidih. Hal inilah yang membuat ikatan-ikatan yang telah terbentuk dalam papan partikel menjadi tidak gampang dirusak oleh air.

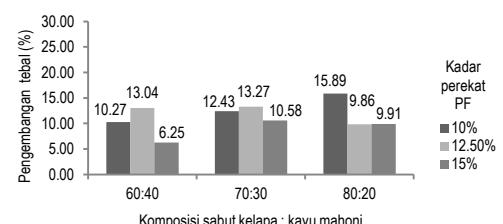
Komposisi sabut kelapa dan partikel mahoni menunjukkan peningkatan nilai daya serap air pada penambahan sabut kelapa. Secara umum penambahan sabut kelapa yang diberikan meningkatkan nilai daya serap air papan partikel. Hal ini disebabkan oleh sifat serbusk sabut kelapa yang memiliki daya serap sangat tinggi hingga 8-9 kali massanya (Tyas, 2000). Berbeda halnya dengan sifat bahan baku pada penelitian Fuadi (2009) dan Setiawan (2008). Tandan kosong kelapa sawit dan sekam padi diduga memiliki daya serap yang lebih rendah dibandingkan dengan sabut kelapa.

Daya serap air papan partikel selama 2 jam dalam penelitian ini (49,27-104,92%) lebih tinggi apabila dibandingkan dengan daya serap air selama 2 jam papan partikel dari sekam padi yaitu 9,06-41,55%, namun lebih rendah pada perendaman 24 jam (70,39-112,52%) jika dibandingkan dengan papan partikel sekam padi yaitu 38,18-127,01% (Setiawan, 2008). Pada penelitian Fuadi (2009) tentang papan partikel dari tandan kosong kelapa sawit, daya serap air yang diperoleh juga lebih rendah (24,881%-42,394%). Nilai daya serap air yang tinggi juga disebabkan oleh *spring back* papan sehingga air mudah sekali masuk dan merusak ikatan-ikatan antara perekat dengan partikel. Pada penelitian Setiawan (2008) diberikan perlakuan penambahan bahan aditif berupa lilin atau wax. Hal ini menjadikan sifat papan partikel sekam padi lebih tahan terhadap air dibandingkan dengan papan partikel sabut kelapa.

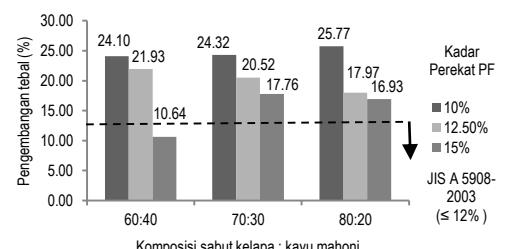
Nilai daya serap air tergolong cukup tinggi, akan tetapi JIS A 5908-2003 tidak mensyaratkan pengujian terhadap daya serap air. Nilai daya serap air yang diperoleh tidak dapat dibandingkan dengan standar JIS A 5908-2003. Berdasarkan hasil analisis ragam perlakuan kadar perekat berpengaruh nyata terhadap daya serap air papan partikel selama 2 jam dan 24 jam. Tetapi perlakuan komposisi partikel dan interaksi antara kedua perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap daya serap air.

### Pengembangan Tebal

Nilai rata-rata hasil pengujian pengembangan tebal untuk perendaman 2 jam berkisar antara 6,25-15,89% sedangkan untuk perendaman 24 jam berkisar antara 10,64-25,77%. Rekapitulasi rata-rata nilai pengembangan tebal partikel dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Pengembangan tebal papan partikel 2 jam



Gambar 6. Pengembangan tebal papan partikel 24 jam

Pada Gambar 5 terlihat bahwa nilai pengembangan tebal terendah terdapat pada papan dengan kadar

perekat 15% dan komposisi 60:40 yaitu 6,25%. Sedangkan nilai pengembangan tebal tertinggi terdapat pada papan dengan kadar perekat 10% dan komposisi 80:20 yaitu 15,89%.

Pada Gambar 6 terlihat bahwa nilai pengembangan tebal terendah terdapat pada papan dengan kadar perekat 15% dan komposisi 60:40 yaitu 10,64%. Sedangkan nilai pengembangan tebal tertinggi terdapat pada papan dengan kadar perekat 10% dan komposisi 80:20 yaitu 25,77%.

Nilai pengembangan tebal 24 jam lebih tinggi dibandingkan dengan nilai pengembangan tebal 2 jam. Pada pembahasan sebelumnya mengenai daya serap air, Tyas (2000) telah menyatakan bahwa sabut kelapa memiliki daya serap air 8-9 kali dari massanya. Hal ini juga berlangsung pada proses pengembangan tebal. Sabut kelapa menyerap air sampai pada titik jenuhnya, hal ini tentunya menyebabkan nilai pengembangan tebal selama 24 jam lebih tinggi dibandingkan pengembangan tebal selama 2 jam.

Nilai pengembangan tebal umumnya berbanding lurus dengan nilai daya serap air. Nilai daya serap air yang dihasilkan yaitu 70,39-112,52%. Semakin besar nilai daya serap air maka semakin besar pula nilai pengembangan tebal demikian sebaliknya, semakin kecil nilai daya serap air maka nilai pengembangan tebal yang dihasilkan juga semakin kecil.

Pada perendaman 24 jam dapat dilihat bahwa semakin lama perendaman yang dilakukan pengembangan tebal yang dihasilkan semakin tinggi, hal ini juga dipengaruhi oleh kadar perekat yang diberikan. Dapat dilihat pada setiap komposisi papan, pengembangan tebal semakin rendah seiring dengan penambahan kadar perekat.

Perekat dalam hal ini berfungsi untuk mencegah air masuk ke dalam papan. Hal ini sesuai dengan Maloney (1993) bahwa adanya hubungan antara nilai pengembangan tebal yang semakin menurun dengan semakin meningkatnya kadar perekat. Semakin tinggi kadar perekat, maka pengembangan tebalnya semakin rendah. Hal ini diduga disebabkan oleh semakin banyaknya perekat yang digunakan maka ikatan antar partikel menjadi lebih kompak sehingga air sulit untuk menembusnya. Bektas *et al.* (2005) mengemukakan bahwa persen PT dari panel bergantung pada beberapa faktor seperti jumlah kadar perekat dan penyebarannya, KA *furnish*, kompatibilitas *furnish* dan perekat, dan komposisi kimia dari *furnish*.

Pada komposisi sabut kelapa dan partikel mahoni dapat kita lihat bahwa, pengembangan tebal meningkat seiring penambahan sabut kelapa. Hal ini diduga karena ikatan yang terjadi pada papan dengan komposisi sabut kelapa yang banyak lebih mudah rusak. Akan tetapi peran perekat dalam hal ini sangat membantu. Kadar perekat 15% menurunkan nilai pengembangan tebal papan dibandingkan dengan kadar perekat 10% pada komposisi 80:20.

Hasil pengembangan tebal setelah perendaman 24 jam papan partikel campuran sabut kelapa dan mahoni (10,64-25,77%) lebih rendah apabila dibandingkan dengan pengembangan tebal papan partikel dari kayu jarak yaitu 38,11-86,50% (Putra, 2011) dan papan partikel sabut kelapa yaitu 18,32-46,32% (Ariyani, 2009).

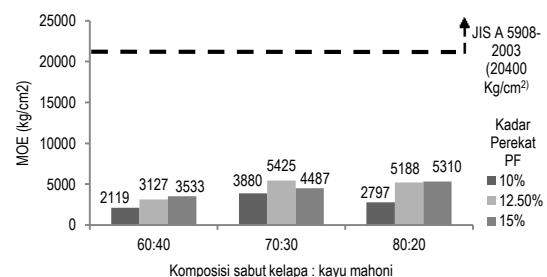
Pengembangan tebal papan partikel campuran sabut kelapa dan mahoni ini cenderung lebih rendah dikarenakan sifat perekat yang digunakan lebih tahan terhadap air. Putra (2001) dan Ariyani (2009) dalam penelitiannya menggunakan perekat urea formaldehida (UF). Menurut Medved *et al.*, (1984) Penggunaan perekat UF mempengaruhi tingginya daya serap air papan partikel, ikatan yang dihasilkan tersebut tidak tahan air sehingga air mudah sekali merusak ikatan-ikatan antar perekat dan partikel.

JIS A 5908-2003 mensyaratkan pengembangan tebal adalah maksimal 12% hanya pada perendaman selama 24 jam. Pada umumnya papan partikel sabut kelapa tidak memenuhi standar untuk pengembangan tebal, hanya ada satu papan yang telah memenuhi standar yaitu papan dengan komposisi 60:40 dan kadar perekat 15% yaitu 10,64%.

Berdasarkan hasil analisis ragam perendaman selama 2 jam, kedua perlakuan baik kadar perekat maupun komposisi partikel dan interaksi antara kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal papan partikel yang dihasilkan (Lampiran 12). Pada selama 24 jam, perlakuan kadar perekat berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal papan partikel. Perlakuan komposisi partikel dan interaksi antara kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata.

#### Keteguhan Lentur atau *Modulus of Elasticity* (MOE)

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) untuk memperoleh nilai MOE papan partikel yang dihasilkan. Nilai rata-rata hasil pengujian MOE berkisar antara 2.119-5.425 kg/cm<sup>2</sup>. Rekapitulasi rata-rata MOE papan partikel dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Keteguhan lentur atau *modulus of elasticity* (MOE) papan partikel

Pada Gambar 7 terlihat bahwa nilai MOE terendah papan partikel terdapat pada papan dengan kadar perekat 10% dan komposisi 60:40 yaitu 2.119 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai MOE tertinggi terdapat pada papan dengan kadar perekat 12,5% dan komposisi 70:30 yaitu 5.425 kg/cm<sup>2</sup>.

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa secara umum penambahan kadar perekat meningkatkan nilai MOE papan partikel yang dihasilkan. Hal ini diduga karena semakin banyak perekat yang ditambahkan, maka massa yang dihasilkan akan semakin besar, sehingga berpengaruh pada kerapatan papan. Maloney (1993) menyebutkan bahwa kerapatan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi sifat mekanis papan partikel. Jadi semakin banyak perekat yang digunakan maka semakin

tinggi pula nilai MOE yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Haygreen dan Bowyer (1996) bahwa selain kerapatan, kadar perekat, geometri partikel merupakan ciri utama yang menentukan sifat MOE yang dihasilkan.

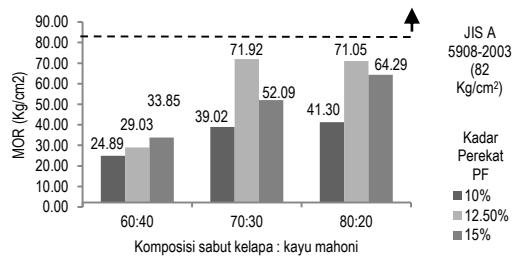
Komposisi sabut kelapa dan partikel mahoni mempengaruhi nilai MOE yang dihasilkan. Secara umum penambahan serat sabut kelapa meningkatkan nilai MOE yang dihasilkan. Hal ini diduga karena ukuran sabut kelapa yang lebih kecil dibandingkan dengan partikel mahoni. Ukuran sabut kelapa membuat perekat menjadi lebih tersebar merata, sehingga kerapatan yang dihasilkan semakin tinggi. Kerapatan papan akan berpengaruh terhadap keteguhan papan.

Nilai MOE yang dihasilkan ( $2.119\text{-}5.425 \text{ kg/cm}^2$ ) lebih rendah dibandingkan dengan nilai papan partikel dari sabut kelapa (Ariyani, 2009) yaitu berkisar antara  $5.333\text{-}11.515 \text{ kg/cm}^2$  dan papan partikel dari sekam padi (Setiawan, 2008) yaitu  $3.170\text{-}6.346 \text{ kg/cm}^2$ . Rendahnya nilai MOE yang dihasilkan dibandingkan kedua penelitian tersebut dikarenakan *spring back* papan partikel sabut kelapa. *Spring back* mempengaruhi nilai kerapatan papan, rongga-rongga yang terbentuk pada papan menyebabkan nilai kerapatan menjadi rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Haygreen dan Bowyer (1996) bahwa semakin tinggi tingkat kerapatan papan partikel, maka akan semakin tinggi sifat keteguhan papan partikel yang dihasilkan. Pada penelitian Ariyani (2009) dan Setiawan (2008), *spring back* yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan *spring back* pada papan partikel sabut kelapa.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, secara keseluruhan nilai MOE tidak memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan nilai MOE minimal sebesar  $20.400 \text{ kg/cm}^2$ . Berdasarkan analisis ragam perlakuan komposisi partikel berpengaruh nyata terhadap nilai MOE papan partikel yang dihasilkan. sebaliknya perlakuan kadar perekat dan interaksi antara kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai MOE papan partikel.

#### **Keteguhan Patah atau *Modulus of Rupture* (MOR)**

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) untuk memperoleh nilai MOR papan partikel yang dihasilkan. Nilai rata-rata hasil pengujian MOR berkisar antara  $24,89\text{-}71,92 \text{ kg/cm}^2$ . Rekapitulasi rata-rata MOR papan partikel dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Keteguhan patah atau *modulus of rupture* (MOR) papan partikel

Pada Gambar 8 terlihat bahwa nilai MOR terendah papan partikel terdapat pada papan dengan kadar

perekat 10% dan komposisi 60:40 yaitu  $24,89 \text{ kg/cm}^2$ . Sedangkan nilai MOR tertinggi terdapat pada papan dengan kadar perekat 12,5% dan komposisi 70:30 yaitu  $71,92 \text{ kg/cm}^2$ .

Secara umum Gambar 8 menunjukkan bahwa seiring penambahan kadar perekat, nilai MOR yang dihasilkan juga meningkat. Hal ini diduga karena perekat yang lebih banyak dapat mengikat partikel lebih baik dibandingkan dengan perekat yang lebih sedikit. Maloney (1993) menyebutkan bahwa nilai MOR semakin tinggi dengan semakin meningkatnya kadar perekat.

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa penambahan sabut kelapa meningkatkan nilai MOR yang dihasilkan. Hal ini diduga karena jika dibandingkan dengan serbuk mahoni yang digunakan, sabut kelapa memiliki dimensi yang lebih kecil dan lebih panjang dari serbuk kayu mahoni. Sehingga perekat lebih mudah menutupi permukaan sabut kelapa.

Nilai MOR yang dihasilkan ( $24,89\text{-}71,93 \text{ kg/cm}^2$ ) lebih rendah dibandingkan dengan nilai papan partikel dari sabut kelapa yaitu berkisar antara  $89,52\text{-}182,27 \text{ kg/cm}^2$  (Ariyani, 2009). Dalam hal ini *spring back* yang terjadi pada papan diduga menjadi penyebab rendahnya nilai MOR yang dihasilkan. Setelah pengujian papan selesai, terlihat banyaknya rongga-rongga pada papan yang telah patah. Kerapatan papan yang rendah juga menjadi salah satu faktor penyebab. Kerapatan papan pada penelitian Ariyani (2009) ( $0,60\text{-}0,74 \text{ g/cm}^3$ ) lebih tinggi dibandingkan dengan kerapatan papan pada penelitian ini ( $0,50\text{-}0,60 \text{ g/cm}^3$ ). Haygreen dan Bowyer (1996) menyatakan bahwa semakin tinggi kerapatan papan partikel penyusunnya maka semakin tinggi sifat keteguhan dari papan yang dihasilkan.

Nilai MOR papan partikel yang dihasilkan masih tergolong rendah. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, secara keseluruhan nilai MOR tidak memenuhi standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan nilai MOE sebesar  $82 \text{ kg/cm}^2$ . Nilai MOR yang rendah diduga karena pengaruh kandungan kimia ekstraktif yang terdapat pada sabut kelapa.

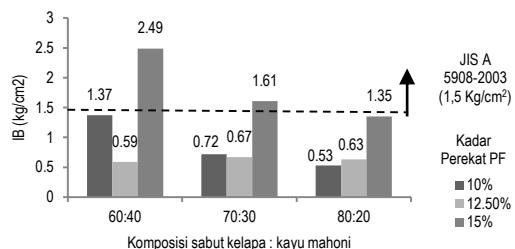
Menurut Maloney (1993) zat ekstraktif tertentu berpengaruh terhadap konsumsi perekat, laju pengerasan perekat dan sifat papan partikel yang dihasilkannya. Hal ini didukung oleh Nguyen (1975) dalam Komara (1989) bahwa zat ekstraktif tertentu kemungkinan menutupi permukaan bahan baku dan menurunkan kemampuan perekat menembus dinding sel. Pada penelitian ini diduga masih ada kandungan ekstraktif pada sabut kelapa, karena bahan baku sabut kelapa tidak menggunakan perlakuan perendaman untuk menghilangkan ekstraktif.

Berdasarkan analisis ragam perlakuan komposisi partikel berpengaruh nyata terhadap nilai MOR papan partikel yang dihasilkan. Sebaliknya perlakuan kadar perekat dan interaksi antara kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai MOR papan partikel.

#### **Keteguhan Rekat Internal atau *Internal Bond* (IB)**

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) untuk memperoleh nilai IB papan partikel yang dihasilkan. Nilai rata-rata hasil pengujian IB berkisar

antara 0,53-2,49 kg/cm<sup>2</sup>. Rekapitulasi rata-rata IB papan partikel dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kuat rekat internal atau *internal bond* (IB) papan partikel

Pada Gambar 9 terlihat bahwa nilai IB terendah papan partikel terdapat pada papan dengan kadar perekat 10% dan komposisi 80:20 yaitu senilai 0,53 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai IB tertinggi terdapat pada papan dengan kadar perekat 15% dan komposisi 60:40 yaitu senilai 2,49 kg/cm<sup>2</sup>.

Secara umum nilai IB yang dihasilkan meningkat seiring dengan penambahan kadar perekat yang diberikan. Hal ini diduga karena semakin banyak perekat yang diberikan, maka ikatan yang terjadi antara partikel akan semakin baik. Ikatan yang baik antara partikel akan meningkatkan nilai kerapatan. Dalam hal ini kerapatan juga mempengaruhi nilai IB papan partikel. Sumardi *et al.*, (2004) menyatakan bahwa kerapatan yang tinggi dengan ukuran partikel yang lebih besar akan menghasilkan keteguhan rekat internal yang lebih baik.

Penambahan sabut kelapa yang diberikan menurunkan nilai IB papan partikel. Hal ini diduga karena sifat sabut kelapa yang rapuh menyebabkan kekuatannya menjadi rendah serta berdasarkan ukuran partikel yang kecil maka serbuk membutuhkan perekat yang lebih banyak. Dalam hal ini perekat yang digunakan pada pencampuran serbuk jumlahnya tidak menutupi luas permukaan serbuk, sehingga diperlukan perekat yang lebih banyak. Menurut Marra (1992), sifat dari partikel yang terlalu porous akan menyebabkan penetrasi yang besar sehingga untuk memaksimalkan ikatan permukaan antar partikel jumlah perekat yang diberikan harus semakin besar.

Nilai IB papan partikel yang dihasilkan (0,53-2,49 kg/cm<sup>2</sup>) lebih rendah apabila dibandingkan dengan nilai IB papan partikel serat dan sabut kelapa (Ariyani, 2009) yaitu berkisar antara 0,68-4,67 kg/cm<sup>2</sup>. Selain oleh faktor perekat, rendahnya nilai IB juga dapat disebabkan oleh *spring-back* papan yang berpengaruh pada kerapatan papan. Partikel sabut kelapa dan kayu mahoni tidak terikat secara sempurna sehingga menyebabkan kekuatannya rendah saat ditarik.

JIS A 5908-2003 mensyaratkan nilai *internal bond* sebesar 1,5 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil pengujian IB papan partikel menunjukkan bahwa hanya ada dua papan yang memenuhi standar antara lain papan dengan komposisi 70:30 dengan kadar perekat 15% dan papan dengan komposisi 60:40 dengan kadar perekat 15%. Berdasarkan data analisis ragam perlakuan kadar perekat berpengaruh nyata terhadap nilai IB papan partikel, sebaliknya komposisi partikel dan interaksi

antara kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai IB papan partikel yang dihasilkan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Variasi komposisi partikel sabut kelapa-partikel mahoni yang digunakan berpengaruh nyata terhadap sifat mekanis yang dihasilkan, yaitu pada hasil pengujian *modulus of elasticity* (MOE) dan *modulus of rupture* (MOR). Namun tidak berpengaruh nyata terhadap sifat fisis papan partikel yang dihasilkan.
2. Variasi perekat PF yang digunakan berpengaruh nyata terhadap sifat mekanis yang dihasilkan, yaitu pada pengujian *internal bond* (IB). Namun tidak berpengaruh nyata terhadap sifat fisis papan partikel yang dihasilkan.
3. Perlakuan terbaik yang dihasilkan dari penelitian ini adalah komposisi sabut kelapa dan partikel mahoni 60:40 dan kadar perekat PF 15%.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kualitas papan partikel dari sabut kelapa, seperti menambahkan perlakuan pendahuluan seperti perendaman bahan baku sabut kelapa untuk menurunkan kadar ekstraktifnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, S. 2009. Pengaruh Perendaman Panas dan Dingin Sabut Kelapa Terhadap Kualitas Papan Partikel Yang Dihasilkannya. Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Ariyani, M. S. 2009. Kualitas Papan Partikel Dari Sabut Kelapa (*Cocos nucifera*, L.). Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Bektas I, Guler C, Kalaycioglu H, Mengeloglu F, Nacar M. 2005. *The manufacture of particleboards using sunflower stalks (Helianthus annuus L.) and poplar wood (Populus alba L.). Journal of Composite Materials* 39(5):467-473.
- Kementerian Pertanian. 2012. Perkembangan Produktivitas Tanaman Perkebunan. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/statistik/prodktivitas.html> [3 Mei 2014]
- Fuadi. 2009. Kualitas Papan Partikel Tandan Kosong Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Menggunakan Perekat Aminoplast. Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Haygreen, J. G. dan J. L. Bowyer. 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu* (terjemahan Sujipto, A. H.). Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Iswanto, A. H., F. Febrianto, Y. S. Hadi, S. Ruhendi, dan D. Hermawan. 2012. Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dari Kulit Buah Jarak (*jatropha curcas*) Diperkuat Partikel Kayu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu*. 10: 103-111.

- [JIS] Japanese Industrial Standar. 2003. JIS A 5908. *Particleboard*.Japanese Standar Association. Japan.
- Kelley, M. W. 1997. *Critical Literature Review of Relationship Between Processing Parameter and Physical Properties of Particleboard*. General Technical Report FPL-10. Department of Agriculture Forest. Wisconsin.
- Komara, I. 1989. Pengaruh Perlakuan pendahuluan Terhadap Sifat Papan Partikel Kayu Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Agr). Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Maloney, T. M. 1993. *Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman Inc. San Francisco. USA.
- Medved, S., M. Diporovic, M. Popovic, A. Antonovic, and V. Jambrekovic. 2005. *Dimensional Stability of Particleboard*. *Journal of Composite Materials* 41(5):1525-1538
- Partini. 2003. Daya Tahan Papan Partikel Dari Limbah Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Dan Plastik *Polypropilene* Daur Ulang Terhadap Serangan Jamur *Schizophyllum commune*. Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Putra, E. 2011. Kualitas Papan Partikel Batang Bawah, Batang Atas Dan Cabang Kayu Jabon(*Anthocephalus cadamba* Miq.).Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Ruhendi, S., Koroh D. S., Syahmani F., Yanti H., Nurhaida, Saad S., Sucipto T. 2007. Analisis Perekatan Kayu. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Safrika, T. A. 2008. Pengaruh Lama Waktu Penumpukan Kayu Karet (*Havea brasiliensis* Muell. Arg.) Terhadap Sifat Sifat Papan Partikel. Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Setiawan, C. N. 2008. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Perekat Likuida Kayu dan Papan Partikel Berkerapatan Sedang. Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Sumardi, I., A. Darwis., dan I. Hadian. 2004. Pengaruh Kerapatan dan Ukuran Partikel terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Kayu Suren (*Toona Sureni* Merr). Prosiding Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI) VII. Makassar.
- Trihusada, K. 2000. Papan Partikel Bambu Kuning (Bambusa Vulgaris Schrad) Dan Kayu Sengon (*Paraserianthes Falcataria* (L) Nielsen Syn) Dengan Perekat Fenol Formaldehida. Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Tsoumis G. 1991. *Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Tyas, S. I. S. 2000. Studi Netralisasi Limbah Serbuk Sabut Kelapa (Cocopeat) Sebagai Media Tanam. Skripsi. Fakultas Peternakan. IPB.