

**SIFAT FISIS DAN MEKANIS PAPAN PARTIKEL  
DARI BAHAN BAKU LIMBAH PENYULINGAN BIJI PALA  
DENGAN KAYU KARET**

**ADAM BAHTIAR**



**DEPARTEMEN HASIL HUTAN  
FAKULTAS KEHUTANAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**2008**

**SIFAT FISIS DAN MEKANIS PAPAN PARTIKEL DARI  
BAHAN BAKU LIMBAH PENYULINGAN BIJI PALA  
DENGAN KAYU KARET**

**ADAM BAHTIAR  
E24103030**

Skripsi  
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Kehutanan pada  
Departemen Hasil Hutan

**DEPARTEMEN HASIL HUTAN  
FAKULTAS KEHUTANAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

## 2008 RINGKASAN

**ADAM BAHTIAR.** Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dari Bahan Baku Limbah Penyulingan Biji Pala dengan Kayu Karet. Dibimbing oleh **Prof. Dr. Ir. Yusuf Sudo Hadi, M.Agr dan Dr. Drs. Adi Santoso, M.Si**

---

Indonesia telah banyak melakukan pengembangan produk papan partikel dengan memanfaatkan limbah-limbah pertanian dan kehutanan antara lain limbah kayu, ampas tebu dan sebagainya. Meskipun masih dalam tahap penelitian, tetapi telah dicoba dikembangkan oleh PT. PG Rajawali II yang memanfaatkan limbah ampas tebu (*bagasse*) sebagai composite material untuk kanvas rem (Aji, 2004). Dengan masih banyaknya jenis limbah yang ada dalam industri pertanian dan kehutanan, maka tidak menutup kemungkinan pengembangan produk papan partikel dengan menggunakan limbah-limbah yang masih rendah pemanfaatannya seperti limbah penyulingan biji pala. Dalam pemanfaatan limbah penyulingan biji pala untuk pembuatan papan partikel dilakukan pencampuran dengan kayu karet pada setiap komposisi yang berbeda. Penambahan komposisi biji pala dalam bahan baku akan mengurangi penggunaan kayu pada pembuatan papan partikel, dengan semakin bertambahnya komposisi biji pala dalam papan partikel diduga akan mempengaruhi kualitas papan partikel yang dibuat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan biji pala dalam komposisi bahan baku papan partikel yang terhadap sifat papan. Komposisi biji pala yang digunakan yaitu 20%, 40%, 60% dan 80% dari total komposisi bahan baku dan menggunakan kontrol dengan komposisi 100% kayu karet. Bahan baku biji pala berbentuk serpih dengan dimensi panjang dan lebar 0,5-2 cm serta tebal 0,5 mm, sedangkan kayu karet berbentuk flake dengan dimensi panjang dan lebar 1-4 cm serta tebal 0,35-0,75 mm. Hasil penelitian diharapkan bermanfaat dalam pembuatan papan partikel yang memanfaatkan limbah-limbah pertanian sehingga dapat mengurangi penggunaan kayu sebagai papan partikel. Papan partikel yang dibuat berukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm dengan kerapatan sasaran  $0,7 \text{ g/cm}^3$ . Sedangkan perekat yang digunakan adalah Urea Formaldehida (UF) dengan tekanan kempa yang diberikan sebesar  $25 \text{ kg/cm}^2$  pada suhu  $130^0 \text{ C}$  selama tujuh menit.

Hasil pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel dibandingkan dengan standar JIS A 5908:2003 tentang mutu papan partikel. Perbedaan komposisi bahan baku antara biji pala dengan kayu karet memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air, keteguhan lentur, keteguhan patah dan keteguhan rekat internal papan partikel. Semakin besar komposisi biji pala maka terdapat kecenderungan terjadi penurunan pada sifat mekanis papan partikel, sedangkan untuk sifat fisis yaitu kadar air papan partikel cenderung semakin meningkat. Berdasarkan hasil pengujian pengembangan tebal, keteguhan lentur, keteguhan patah dan keteguhan rekat internal, bahwa papan partikel dengan komposisi 80% biji pala dan 20% kayu karet tidak memenuhi standar JIS A 5908:2003.

Kata kunci : sifat fisis dan mekanis, perbedaan komposisi, biji pala, kayu karet

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dari Bahan Baku penyulingan Biji Pala dengan Kayu Karet adalah benar-benar hasil karya saya sendiri dengan bimbingan dosen pembimbing dan belum pernah digunakan sebagai karya ilmiah pada perguruan tinggi atau lembaga manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Judul Penelitian : Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dari Bahan Baku  
Limbah Penyulingan Biji Pala dengan Kayu Karet

Nama : Adam Bahtiar

Nrp : E24103030

Departemen : Hasil Hutan

Fakultas : Kehutanan

Menyetujui  
Dosen Pembimbing

Ketua,

Anggota

**Prof. Dr. Ir. Yusuf Sudo Hadi, M.Agr**  
NIP. 130 687 459

**Dr. Drs. Adi Santoso, M.Si**  
NIP. 710 014 913

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Kehutanan IPB,

**Dr. Ir. Hendrayanto, M.Agr**  
NIP. 131 578 788

Tanggal Lulus :

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Malang, Jawa Timur pada tanggal 31 Juli 1985 sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan Prasodjo Subagjo dan Sutiati.

Jenjang pendidikan formal yang ditempuh penulis, yaitu di Sekolah Dasar Negeri 1 Mejayan Kabupaten Madiun tahun 1991-1997. Kemudian penulis melanjutkan ke SLTP Negeri 1 Mejayan Kabupaten Madiun tahun 1997-2000. Penulis melanjutkan pendidikannya ke SMU Negeri 1 Batu, Kota Batu tahun 2000-2003.

Pada tahun 2003, penulis diterima di Institut Pertanian Bogor melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB (USMI) pada Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Tahun 2005 penulis mengambil Sub-Program Studi Pengolahan Hasil Hutan dan pada tahun 2006 memilih Bio-komposit sebagai bidang keahlian.

Penulis telah melakukan beberapa kegiatan praktek lapang antara lain Praktek Pengenalan dan Pengelolaan Hutan (P3H) pada bulan Juli-Agustus 2006 di Getas, Cilacap, Baturraden dan Pulau Nusa Kambangan. Penulis juga melakukan Praktek Kerja Lapang (PKL) pada bulan Februari-April 2007 di CV. Rakabu Furniture Solo, Jawa Tengah.

Kegiatan kemahasiswaan yang pernah diikuti penulis yaitu Asian Forestry Student Assosiation (AFSA) tahun 2003-2005, Himpunan Mahasiswa Hasil Hutan (HIMASILTAN) tahun 2003-2005, Ketua Organisasi Mahasiswa Daerah (OMDA) Malang tahun 2004-2006.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, penulis melaksanakan penelitian dalam bidang Bio-komposit dengan judul: Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dari Bahan Baku Limbah Penyulingan Biji Pala dengan Kayu Karet di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Yusuf Sudo Hadi, M.Agr dan Dr. Drs. Adi Santoso, M.Si

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat, karunia, dan ridho-Nya karena penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya sampai akhir zaman.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Yusuf Sudo Hadi, M.Agr dan Bapak Dr. Drs. Adi Santoso, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberi bantuan, arahan, bimbingan, dan dukungan selama penelitian sampai penulisan skripsi ini selesai beserta Bapak Dr. Ir. Sudarsono Sudomo, MS dan Bapak Ir. Agus Priyono, MS yang telah memberikan wawasan kepada penulis.
2. Ayah, Ibu, Adik dan keluarga di Madiun dan Malang atas kasih sayang, doa, dukungan dan bantuan baik spiritual maupun material.
3. Bapak Ujang dan Mas Kiki di Laboratorium Produk Majemuk Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan atas bantuannya selama penelitian.
4. Rhino Fardianto, Rutan's Club dan Kelompok Usaha Nilam IPB sebagai rekan satu profesi serta teman-teman THH 40 atas bantuan dan semangat yang telah diberikan.
5. Sahabat-sahabat Vilbad terbaik yang selalu memberi semangat serta bantuan.
6. Keluarga besar Fakultas Kehutanan IPB serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga bermanfaat.

Bogor, Mei 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	iv
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Manfaat .....	2
1.4 Hipotesis .....	3
 <b>BAB II STUDI PUSTAKA</b>	
2.1 Papan Partikel.....	4
2.2 Papan Partikel dari Bahan Baku Limbah Pertanian.....	5
2.3 Proses Pembuatan Papan Partikel.....	6
2.3 Perekat.....	8
2.4 Deskripsi Bahan Baku .....	9
2.4.1 Pala .....	9
2.4.2 Kayu Karet .....	11
 <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat.....	12
3.2 Bahan dan Alat .....	12
3.3 Metode Penelitian .....	12
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Komposisi Bahan Baku.....	21
4.2 Sifat Fisis Papan Partikel .....	21
4.2.1 Kadar Air .....	21
4.2.2 Pengembangan Tebal.....	24
4.2.3 Daya Serap Air .....	25
4.2.4 Kerapatan .....	27
4.3 Sifat Mekanis Papan Partikel .....	29
4.3.1 Keteguhan Lentur .....	29
4.3.2 Keteguhan Patah.....	31
4.3.3 Keteguhan Rekat Internal .....	34
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	38
<b>LAMPIRAN</b> .....	40



## DAFTAR TABEL

No	Halaman
1. Persyaratan sifat fisis dan mekanis papan partikel.....	4
2. Potensi produksi tanaman penghasil minyak atsiri di Indonesia .....	9
3. Komposisi bahan baku papan partikel.....	13
4. Analisis keragaman pada model regresi kadar air papan partikel.....	23
5. Analisis model regresi untuk penambahan partikel biji pala terhadap kadar air papan partikel .....	23
6. Analisis keragaman pada model regresi pengembangan tebal .....	25
7. Analisis keragaman pada model regresi daya serap air papan partikel .....	27
8. Analisis keragaman pada model regresi kerapatan papan partikel .....	29
9. Analisis keragaman pada model regresi keteguhan lentur papan partikel.....	30
10. Analisis model regresi untuk penambahan partikel biji pala terhadap keteguhan lentur papan partikel .....	31
11. Analisis keragaman pada model regresi untuk keteguhan patah papan partikel .....	33
12. Analisis model regresi untuk penambahan partikel biji pala terhadap keteguhan patah papan partikel .....	33
13. Analisis keragaman pada model regresi untuk keteguhan rekat internal (IB) .....	35

## DAFTAR GAMBAR

No.	Halaman
1. Pola Pemotongan Contoh Uji Papan Partikel .....	15
2. Pengukuran Contoh Uji Kerapatan .....	16
3. Pengujian MOE dan MOR .....	17
4. Pengujian Keteguhan Rekat Internal.....	19
5. Papan partikel dengan komposisi partikel antara biji pala dengan kayu karet .....	21
6. Nilai rata-rata kadar air papan partikel.....	22
7. Nilai rata-rata pengembangan tebal papan partikel .....	24
8. Nilai rata-rata daya serap air papan partikel.....	26
9. Nilai rata-rata kerapatan papan partikel .....	28
10. Nilai rata-rata keteguhan lentur atau <i>Modulus of Elasticity</i> (MOE).....	30
11. Nilai rata-rata keteguhan patah atau <i>Modulus of Rupture</i> (MOR).....	32
12. Nilai rata-rata keteguhan rekat internal atau <i>Internal Bond</i> .....	34

## **DAFTAR LAMPIRAN**

No	Halaman
1. Nilai rata-rata sifat fisis dan mekanis papan partikel .....	40
2. Hasil perhitungan sifat fisis dan mekanis papan partikel .....	41
3. Hasil analisis regresi pengujian papan partikel .....	44
4. Dokumentasi penelitian .....	48

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Inovasi dalam pengembangan produk papan partikel baik dari teknologi maupun diferensiasi produk telah dilakukan pada beberapa industri papan partikel di Indonesia. Hal ini dapat dilihat dengan pengembangan teknologi papan partikel yang berasal dari ampas tebu yang dikembangkan oleh PT. PG Rajawali II di Jawa Barat untuk bahan kanvas rem (Aji 2004). Dengan semakin terbatasnya bahan baku kayu, maka pengembangan bahan baku papan partikel tidak sebatas pada kayu ataupun limbah kayu.

Penggunaan papan partikel telah dikenal cukup luas di kalangan masyarakat Indonesia. Hal ini ditunjukkan dengan berbagai macam produk yang ada di masyarakat seperti industri mebel (antara lain meja, kursi, lemari, meja komputer), sebagai bahan bangunan yang tidak memikul beban (antara lain dinding pemisah, plafon, pintu, jendela) dan produk lain yang bersifat dekoratif (antara lain aksesoris mebel, aksesoris dinding dan sebagainya).

Di Indonesia telah banyak dilakukan pengembangan produk papan partikel dengan memanfaatkan limbah-limbah pertanian dan kehutanan antara lain limbah kayu, ampas tebu dan sebagainya. Meskipun masih dalam tahap penelitian, tetapi telah dicoba dikembangkan oleh PT. PG Rajawali II bekerjasama dengan PT. Paparti Pratama yang memanfaatkan limbah ampas tebu (bagasse) sebagai composite material untuk kanvas rem. Dengan masih banyaknya jenis limbah yang ada dalam industri pertanian dan kehutanan, maka tidak menutup kemungkinan pengembangan produk papan partikel dengan menggunakan limbah-limbah yang masih rendah pemanfaatannya seperti limbah penyulingan biji pala.

Potensi produksi pala di Indonesia mengalami peningkatan sejak tahun 1990 dengan adanya peremajaan tanaman, pada tahun 2002 tercatat sebesar 19.000 ton per tahun. Jumlah produksi pala Indonesia tersebut memenuhi kebutuhan dunia hingga 75%. Sentra perkebunan pala terbesar di Indonesia adalah

Maluku (Banda, Seram, Saparua, Ternate) dengan rata-rata produksi 10.000 ton/tahun disusul dengan Aceh Selatan sebesar 6.700 ton/tahun. Sisanya adalah Sangihe Talaud, Papua (Fak-Fak), Jawa Barat, dan sebagian kecil Jawa Tengah dan Jawa Timur (Syauqi *et al.* 2003). Berdasarkan data diatas bahwa pengembangan usaha minyak atsiri buah dan biji pala masih terus meningkat, sehingga dalam penyulingan buah dan biji pala tersebut menghasilkan limbah yang tidak sedikit jumlahnya sehingga diperlukan penanganan lebih lanjut dengan memanfaatkan limbah penyulingan tersebut untuk papan partikel.

Pemanfaatan limbah penyulingan umumnya sebagai pupuk dan masih memiliki potensi sebagai bahan baku produk yang lebih bernilai tinggi seperti papan partikel. Pada penelitian ini dilakukan penggabungan antara partikel limbah penyulingan biji pala dengan partikel kayu karet untuk mendapatkan papan partikel yang berkualitas baik dengan beberapa komposisi yang berbeda.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mempelajari pembuatan papan partikel dengan komposisi partikel limbah penyulingan biji pala dan partikel kayu karet.
2. Mengetahui perbandingan kualitas papan partikel pada setiap perbandingan komposisi bahan baku.
3. Mengetahui penggunaan papan partikel sesuai dengan sifat fisis dan mekanis papan melalui perbandingan dengan standar.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

1. Mengembangkan produk-produk papan partikel dengan menggunakan limbah pertanian dan kehutanan yang belum dimanfaatkan secara optimal.
2. Sebagai salah satu alternatif solusi dalam penanganan limbah penyulingan buah pala.
3. Mengembangkan kreatifitas dan profesionalisme dalam menghadapi permasalahan dan memecahkan masalah.

#### **1.4 Hipotesis**

Semakin besar komposisi limbah penyulingan biji pala yang digunakan dalam pembuatan papan partikel, maka diduga sifat fisis dan mekanis papan akan menurun.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Papan Partikel

Menurut Japanese Industrial Standard (2003), papan partikel dapat diklasifikasikan berdasarkan variable-variabel tertentu seperti : kondisi permukaan, keteguhan lentur, jenis perekat yang digunakan, jumlah formaldehida yang dilepaskan dan ketahanan bakar papan. FAO (1966) mengklasifikasikan papan partikel berdasarkan kerapatannya menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Papan partikel berkerapatan rendah (*Low Density Particleboard*), yaitu papan yang mempunyai kerapatan kurang dari  $0,4 \text{ g/cm}^3$ .
2. Papan partikel berkerapatan sedang (*Medium Density Particleboard*), yaitu papan yang mempunyai kerapatan antara  $0,4 - 0,8 \text{ g/cm}^3$ .
3. Papan partikel berkerapatan tinggi (*High Density Particleboard*), yaitu papan yang mempunyai kerapatan lebih dari  $0,8 \text{ g/cm}^3$ .

Malloney (1977) membedakan papan partikel berdasarkan ukuran partikel dalam pembentukan lembaran menjadi tiga macam, yaitu :

1. Papan partikel homogen (*Single-Layer Particleboard*). Papan jenis ini tidak memiliki perbedaan ukuran partikel pada bagian tengah dan permukaan.
2. Papan partikel berlapis tiga (*Three-Layer Particleboard*). Partikel pada bagian permukaan lebih halus dibandingkan partikel bagian tengahnya.
3. *Oriented Particleboard*, yaitu papan yang terbuat dari partikel kayu berbentuk *strand* yang tersusun pada arah yang sama.

Sifat fisis dan mekanis papan partikel yang meliputi kerapatan, modulus patah dan modulus elastisitas, keteguhan rekat internal serta pengembangan tebal merupakan parameter yang cukup baik untuk menduga kualitas papan partikel yang dihasilkan.

Japanese Industrial Standard (2003) menetapkan persyaratan sifat fisis dan mekanis papan partikel yang harus dipenuhi, yaitu :

Tabel 1. Persyaratan sifat fisis dan mekanis papan partikel

Sifat Papan Partikel	Persyaratan Nilai	
Kerapatan ( $\text{g/cm}^3$ )	0,40 – 0,90	
Kadar Air (%)	5 – 13	
Pengembangan Tebal (%)	Maksimal	12
MOR ( $\text{kg/cm}^2$ )	Minimal	
Tipe 8		82
Tipe 13		133
Tipe 18		184
MOE ( $\text{kg/cm}^2$ )	Minimal	
Tipe 8		20400
Tipe 13		25500
Tipe 18		30600
Keteguhan Rekat Internal ( $\text{kg/cm}^2$ )	Minimal	
Tipe 8		1,5
Tipe 13		2,0
Tipe 18		3,1

Keterangan :

- Tipe 8 adalah *base particleboard* atau *decorative particleboard* dengan kuat lentur minimal  $8,0 \text{ N/mm}^2$  ( $82 \text{ kg/cm}^2$ ).
- Tipe 13 adalah *base particleboard* atau *decorative particleboard* dengan kuat lentur minimal  $13,0 \text{ N/mm}^2$  ( $133 \text{ kg/cm}^2$ ).
- Tipe 18 adalah *base particleboard* atau *decorative particleboard* dengan kuat lentur minimal  $18,0 \text{ N/mm}^2$  ( $184 \text{ kg/cm}^2$ ).

## 2.2 Papan Partikel dari Bahan Baku Limbah Pertanian

Permintaan untuk Papan Partikel dan MDF semakin meningkat, sedangkan ketersediaan kayu adalah tidak sesuai dengan permintaan dan harganya semakin meningkat. Hal ini telah mendorong para produsen untuk mengembangkan produk dari limbah pertanian. Selain faktor ekonomi, alternatif ini juga menyajikan manfaat lingkungan seperti memanfaatkan limbah yang pada umumnya hanya dibakar dan dibuang.

Penggunaan ampas tebu atau jerami untuk Papan Partikel dan MDF menyediakan suatu alternatif dalam pemanfaatan limbah daripada membakar atau



membuang ampas tebu. Walaupun proses pengolahan jerami ke dalam papan partikel dan MDF serupa dengan memproses limbah kayu, tetapi memerlukan lebih sedikit pengolahan dan waktu pengeringan, oleh karena itu lebih sedikit penggunaan energy (Anonim 2001)

Untuk memperoleh produk yang baik, maka limbah pertanian yang dimanfaatkan untuk papan partikel digabungkan dengan partikel kayu. Berbagai penelitian dilakukan untuk menentukan komposisi yang tepat untuk papan partikel dengan sifat fisis dan mekanis yang lebih baik.

Menurut Skinner, *et al* (2003) penurunan sifat-sifat papan berdasarkan peningkatan komposisi partikel jerami pada papan partikel dengan komposisi kayu dan jerami disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

1. Komposisi kimia dari jerami dan pengaruhnya pada pH.
2. Adanya lilin alami pada jerami yang mampu menghalangi ikatan antara partikel dan serat
3. Kemungkinan diduga karena pengolahan partikel jerami yang mempengaruhi serat jerami yang lebih pendek dibandingkan dengan kayu. Sehingga berpengaruh pada proses pengempaan dan perekatan.

### **2.3 Proses Pembuatan Papan Partikel**

Menurut Malloney (1977), proses pembuatan papan partikel secara garis besar dapat dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu persiapan partikel (pembuatan, pengeringan dan pemisahan partikel), pencampuran partikel dengan perekat, pembentukan lembaran, pengempaan dan pengerjaan akhir.

#### **2.3.1 Persiapan Partikel**

Pembuatan partikel umumnya dilakukan secara mekanis dan jenis partikel yang dibuat sangat mempengaruhi papan yang diproduksi. Untuk menghasilkan papan yang baik, partikel-partikel perlu dikeringkan terlebih dahulu. Menurut Haygreen dan Bowyer (1982), pengeringan partikel dilakukan hingga mencapai kadar air 2-5%. Lebih lanjut dijelaskan bahwa kadar air partikel yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya *blister* pada saat pengempaan.

Setelah proses pengeringan selanjutnya dilakukan pemisahan partikel yang bertujuan untuk menghilangkan debu dan memisahkan partikel. Partikel dalam bentuk debu memiliki permukaan spesifik yang lebih besar per satuan berat,

sehingga penggunaan perekat menjadi lebih banyak. Kondisi tersebut dapat menurunkan kekuatan papan (Haygreen dan Bowyer 1989).

### **2.3.2 Pencampuran Partikel Dengan Perekat**

Menurut Meulenhoff dan Tambunan (1980) proses pencampuran partikel dengan perekat dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu *discontinuous type blender* dan *continous type blender*. Untuk *discontinuous type blender*, partikel yang akan direkat secara terpisah dimasukkan dalam drum dan kemudian perekat disemprotkan melalui lubang yang terdapat pada permukaan drum.

Pencampuran perekat yang merata, selain dipengaruhi oleh proses pencampurannya juga oleh konsistensi perekat itu sendiri yang berhubungan dengan viskositas dan plastisitasnya (River *et al.* 1991).

### **2.3.3 Pembentukan Lembaran**

Pembentukan lembaran adalah tahap yang menentukan keberhasilan dalam memproduksi papan partikel, karena penyebaran partikel yang kurang merata akan menyebabkan perbedaan kerapatan pada papan tersebut.

### **2.3.4 Pengempaan**

Pengempaan lembaran dapat dibedakan dalam dua kategori, yaitu (1) *Continous production*, dalam hal ini ukuran panjang panil yang dikempa tidak dibatasi (2) *Discontinous or continous calendar presses*, ukuran panjang panil yang dikempa dibatasi sesuai ukuran plat kempa (Meulenhoff dan Tambunan 1980).

Pada proses pembuatan papan partikel, kondisi pengempaan sangat menentukan sifat-sifat panil yang dihasilkan diantaranya adalah kerapatan. Menurut Kelly (1977) bahwa dengan meningkatnya kerapatan panil, waktu pengempaan yang diperlukan lebih lama, karena semakin banyak volume partikel yang harus dipanasi dan dikempa sehingga panas yang diberikan dapat mencapai bagian tengah papan untuk menjamin terjadinya pematangan perekat.

FAO (1966) menjelaskan bahwa, *discontinous flat pressing* dilakukan pada suhu 100-140 °C dengan suhu maksimal 170 °C untuk Urea Formaldehida.

Menurut Tsoumis (1991) lama pengempaan biasanya berkisar antara 10-12 menit untuk ketebalan panil 2 cm atau 0,5-0,6 menit per mm tebal papan partikel.

### **2.3.5 Pengkondisian**

Setelah pengepresan, lembaran panil yang dihasilkan biasanya didinginkan terlebih dahulu sebelum ditumpuk. Penumpukan papan partikel pada kondisi panas akan memperlambat proses pendinginannya dan memberikan efek negatif terhadap papan itu sendiri, seperti pewarnaan (*discoloration*), terlepasnya partikel-partikel lapisan permukaan pada saat pengampelasan (*sanding*) dan menurunkan kekuatannya. Hal ini terjadi terutama jika perekat yang digunakan berupa urea formaldehida, karena setelah mengeras urea formaldehida akan menjadi rusak bila mengalami pemanasan lebih lama (Tsoumis 1991). Selanjutnya dijelaskan bahwa *conditioning* (pengkondisian) sangat berperan untuk mendapatkan penyebaran kadar air yang lebih merata pada setiap lembaran papan. Hal ini dapat mencegah timbulnya tegangan yang menyebabkan lembaran papan yang melengkung (*warping*).

Proses pendinginan papan partikel dapat dilakukan dengan menyusun lembaran-lembaran panil dalam tumpukan-tumpukan kecil menggunakan sticker di antara lembaran tersebut agar sirkulasi udara lebih lancar. Pada pabrik-pabrik pembuatan papan partikel, pengkondisian dilakukan dengan menggunakan alat pendingin dan pengontrol suhu udara.

### **2.3.6 Pengerjaan Akhir**

Dalam tahap penyelesaian ini dilakukan pemotongan sisi-sisi panil (*trimming*) agar bentuk lembaran benar-benar persegi dengan menggunakan *circular saw* dan menghaluskan kedua permukaan panil (*sanding*) sekaligus untuk mendapatkan ukuran tebal yang tepat (Meulenhoff dan Tambunan 1980).

## **2.4 Perekat**

Perekat adalah suatu bahan yang mempunyai kemampuan untuk menggabungkan material melalui ikatan permukaan (Houwink dan Solomon 1965). Berdasarkan cara mengerasnya perekat dapat digolongkan menjadi dua

jenis, yaitu perekat *Thermoplastic* dan perekat *Thermosetting*. Dalam pembuatan papan partikel perekat *thermosetting* lebih disukai, karena dibawah pengaruh panas perekat jenis ini akan mengeras secara permanen, sedangkan perekat *thermoplastic* adalah perekat yang mengeras dalam kondisi dingin dan akan melunak jika dipanaskan (Kollman *et al.* 1975).

Urea Formaldehida (UF) termasuk salah satu jenis perekat yang bersifat *thermosetting*. Perekat UF termasuk tipe perekat MR (*Moisture resistant*) yang dalam pemakaiannya banyak digunakan untuk industri mebel dan kayu lapis tipe II. Perekat UF matang dalam kondisi asam, keasaman UF diperoleh dengan menggunakan *hardener* ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) (Pizzi 1983 dalam Kristiyanti 2004).

Perekat Urea Formaldehida (UF) merupakan hasil kondensasi dari urea dan formaldehida dengan perbandingan molar 1 : (1,5 – 2). Urea Formaldehida (UF) ini larut dalam air dan dalam proses pengerasannya akan terbentuk pola ikatan jaringan (*cross-link*). Urea Formaldehida (UF) akan cepat mengeras dengan naiknya temperatur dan atau turunnya pH (Ruhendi dan Sudo Hadi 1997).

Perekat UF banyak dipakai untuk keperluan dalam ruangan karena warnanya yang terang, harganya murah, dan kemampuannya untuk matang secara cepat pada suhu di bawah suhu  $127^\circ\text{C}$  (Koch 1972). Perekat UF kurang tahan terhadap air dibandingkan dengan perekat phenol formaldehida dan dalam ikatan perekat memberikan perlindungan sedikit pada lapisan kayu yang berdekatan terhadap jamur dan rayap (Houwink dan Solomon 1965).

## **2.5 Deskripsi Bahan Baku**

### **2.5.1 Pala**

Pala (*Myristica fragrans* Houtt) merupakan tumbuhan berupa pohon yang berasal dari kepulauan Banda, Maluku. Tumbuhnya dapat mencapai 20 m dan usianya bisa mencapai ratusan tahun. Akibat nilainya yang tinggi sebagai rempah-rempah, buah dan biji pala telah menjadi komoditas perdagangan yang penting sejak masa lampau dan telah tersebar luas di daerah tropika lain seperti Mauritius dan Karibia (Pulau Grenada). Istilah 'pala' juga dipakai untuk biji pala yang diperdagangkan.

Tumbuhan ini berumah dua (*dioecious*) sehingga dikenal pohon jantan dan pohon betina. Daunnya berbentuk elips langsing. Buahnya berbentuk lonjong seperti lemon, berwarna kuning, berdaging dan beraroma khas karena mengandung minyak atsiri pada daging buahnya. Bila masak, kulit dan daging buah membuka dan biji akan terlihat terbungkus fuli yang berwarna merah. Satu buah menghasilkan satu biji berwarna coklat.

Pala dipanen biji dan salut bijinya (*arillus*). Dalam perdagangan, salut biji pala dinamakan fuli (*mace*). Panen pertama dilakukan 7 sampai 9 tahun setelah pohonnya ditanam dan mencapai kemampuan produksi maksimum setelah 25 tahun. Sebelum dipasarkan, biji dijemur hingga kering setelah dipisah dari fulinya. Pengeringan ini memakan waktu enam sampai delapan minggu. Bagian dalam biji akan menyusut dalam proses ini dan akan terdengar bila biji digoyangkan. Cangkang biji akan pecah dan bagian dalam biji dijual sebagai pala. Biji pala mengandung minyak atsiri 7-14%. Bubuk pala dipakai sebagai penyedap untuk roti atau kue, puding, saus, sayuran, dan minuman penyegar. Minyaknya juga dipakai sebagai campuran parfum (Anonim, 2007).

Potensi Produksi tanaman penghasil minyak atsiri di Indonesia menurut Departemen Pertanian dalam Syauqi *et al* (2003) adalah sebagai berikut

Tabel 2. Potensi produksi tanaman penghasil atsiri di Indonesia

No	Jenis Tanaman	Produksi (ton)				
		1995	1996	1997	1998	1999
1	Cengkeh	90007	59479	59195	67195	68182
2	Pala	19069	18565	19222	18428	19359
3	Kayu Manis	37334	39445	37237	41993	42590
4	Panili	2030	2051	2035	1890	1940
5	Kapulaga	1148	1390	1361	1488	1548
6	Sereh wangi	590	586	530	1905	2021
7	Nilam	1868	2056	2703	2323	2359
8	Kenanga	3820	4575	-	5423	-
9	Kemenyan	4446	4575	-	4690	-
10	Kayu Putih	332478	235497	469948	331457	357035
11	Terpentin	13175	8975	10294	13700	7633
12	Akar wangi	-	55	-	69	-
13	Kemukus	-	201	-	156	-
14	Cendana	7142	9098	-	-	-

Keterangan : - tidak ada data

### 2.5.2 Kayu Karet

Pemanfaatan kayu karet sebagai pengganti kayu hutan alam sangat memungkinkan mengingat ketersediaan kayu karet sangat besar serta sifat-sifatnya relatif sama dengan kayu hutan alam, seperti kayu ramin, meranti, dan agathis (Boerhendhy *et al.* 2003).

Mandang dan Pandit (2002) menjelaskan sifat kayu karet diantaranya berat jenis rata-rata 0,61 (0,55-0,70), kelas awet V, kelas kuat II-III. Kegunaan kayu karet adalah sebagai perabot rumah tangga, kayu bentukan (*moulding*) misalnya panel dinding, bingkai gambar atau lukisan lantai parket, inti papan blok, peti wadah, peti jenazah, vinir, kayu lamina untuk tangga, kerangka pintu dan jendela.

Samingan (1973) menjelaskan bahwa pohon karet yang telah mencapai umur 25 hingga 30 tahun umumnya tidak ekonomis untuk tujuan produksi getah, sehingga perlu diremajakan. Saat ini kayu karet hasil tebangan peremajaan, sebagian digunakan untuk bahan baku industri meubel, sedang sisanya digunakan sebagai kayu bakar.

Menurut Manurung (2003), kebutuhan bahan baku kayu nasional tahun 2003 sebesar 63 juta m<sup>3</sup>, sementara dalam rangka pelaksanaan kebijakan *soft landing*, pemerintah melalui Departemen Kehutanan pada tahun yang sama hanya memberikan jatah tebangan sebesar 6,80 juta m<sup>3</sup>. Data tersebut memperlihatkan adanya kesenjangan yang sangat besar, sekitar 56 juta m<sup>3</sup>, antara produksi dan kebutuhan kayu. Kondisi ini disebabkan oleh menurunnya produktivitas hutan alam akibat laju kerusakan hutan yang sangat tinggi. Oleh karena itu perlu dicari alternatif kayu pengganti kayu hutan alam yang memungkinkan untuk diekspor.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Komposisi bahan baku

Komposisi bahan baku antara biji pala dengan kayu karet memberikan pengaruh pada penampilan luar papan partikel. Semakin bertambah komposisi bahan baku biji pala maka semakin gelap warna papan yang dihasilkan. Perbedaan warna papan dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Papan partikel dengan komposisi partikel antara biji pala dengan kayu karet

Keterangan :

- K1 = Komposisi bahan baku dengan 100 % kayu karet
- K2 = Komposisi bahan baku 20% biji pala dan 80% kayu karet
- K3 = Komposisi bahan baku 40% biji pala dan 60% kayu karet
- K4 = Komposisi bahan baku 60% biji pala dan 40% kayu karet
- K5 = Komposisi bahan baku 80% biji pala dan 20% kayu karet

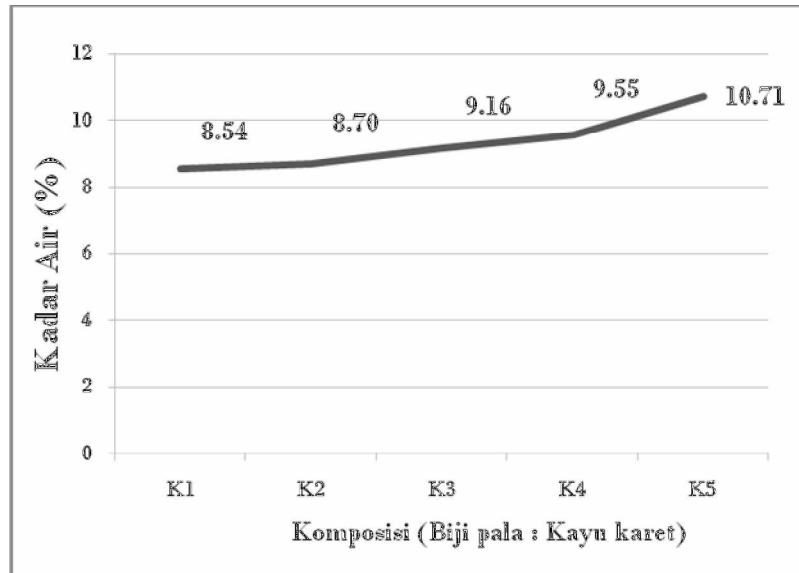
#### 4.2 Sifat Fisis Papan Partikel

##### 4.2.1 Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter yang harus diuji dalam produk kayu karena kadar air merupakan banyaknya air di dalam papan yang selalu berubah menurut keadaan di sekitarnya. Semua sifat fisika papan partikel sebagai

salah satu produk kayu sangat dipengaruhi oleh kadar air. Haygreen dan Bowyer (1989) menyatakan bahwa kadar air merupakan banyaknya air di dalam produk kayu.

Nilai kadar air pada papan partikel hasil penelitian berkisar antara 8,54%-10,71% disajikan dalam Gambar 6, sedangkan hasil pengukuran kadar air secara lengkap disajikan dalam Lampiran 2



Gambar 6. Nilai rata-rata kadar air papan partikel

Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa kadar air papan tertinggi (10,71%) adalah papan partikel yang dibuat dari komposisi partikel 80% biji pala dan 20% kayu karet (K5). Sedangkan nilai kadar air terendah adalah papan partikel yang dibuat dari komposisi partikel 100% kayu karet (K1) sebesar 8,54%. Semakin besar komposisi biji pala terhadap kayu karet maka semakin tinggi kadar air pada papan partikel.

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan komposisi bahan baku antara biji pala dengan kayu karet terhadap kadar air, maka dilakukan analisis keragaman pada model regresi papan partikel dengan menggunakan selang kepercayaan 95% dan 99%. Hasil analisis keragaman pada model regresi disajikan dalam Tabel 4.



Tabel 4. Analisis keragaman pada model regresi kadar air papan partikel

Sumber	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel	
					0.05	0.01
Regresi	1	8,09	8,09	44,96 <sup>(SN)</sup>	4,67	9,07
Galat	13	2,34	0,18			
Total	14	10,42				

Keterangan : db = derajat bebas  
 JK = jumlah kuadrat  
 KT = kuadrat tengah  
 SN = sangat nyata

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa perbedaan komposisi antara partikel biji pala dengan kayu karet memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar air papan partikel.

Selanjutnya untuk mengetahui korelasi antara perbedaan komposisi bahan baku terhadap kadar air papan, maka dilakukan analisis model regresi dengan selang kepercayaan 95% dan hasilnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis model regresi untuk penambahan partikel biji pala terhadap kadar air papan partikel.

Parameter	Notasi	Koefisien	Nilai t	Nilai Sig- $\alpha$
Konstanta	B <sub>0</sub>	8,29	43,73	0,00
Komposisi Pala (%)	B <sub>1</sub>	0,03	6,71	0,00

Dari hasil analisis model regresi diperoleh nilai :

$$R^2 (\%) = 77,6\% \quad R^2 \text{ adjust } (\%) = 75,8\%$$

$$\text{Persamaan Regresi : Kadar air } (\%) = 8,29 + 2,60 \text{ Komposisi Pala}$$

Hasil analisis model regresi pada Tabel 5 menunjukkan bahwa penambahan partikel biji memberikan pengaruh yang nyata dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 77,6%. Nilai R<sup>2</sup> menunjukkan tingkat keterkaitan antara penambahan komposisi biji pala terhadap kadar air. Semakin tinggi penambahan partikel biji pala dalam papan partikel menyebabkan nilai kadar air semakin tinggi. Hal ini diduga karena adanya rongga pada papan partikel. Kadar air dipengaruhi oleh bahan baku biji pala, hal ini ditunjukkan dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 77,6% sedangkan 22,4% dipengaruhi oleh faktor lain. Informasi selanjutnya adalah Nilai Sig- $\alpha$  yang menunjukkan bahwa

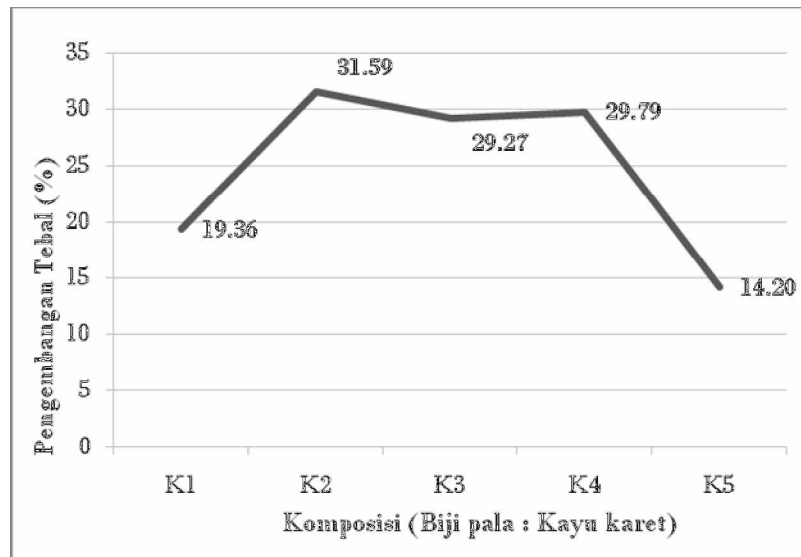
persamaan regresi signifikan untuk pengaruh penambahan partikel biji pala pada papan partikel terhadap kadar air.

Dari hasil pengujian diperoleh nilai kadar air dengan kisaran 8,54%-10,71%. Syarat mutu kadar air papan partikel tipe 8 menurut JIS A 5908:2003 berkisar antara 5%-13%. Dengan demikian nilai kadar air papan partikel hasil penelitian ini memenuhi persyaratan standar tersebut.

#### 4.2.2 Pengembangan Tebal

Sifat pengembangan tebal merupakan salah satu parameter pengujian untuk mengetahui penggunaan papan partikel untuk keperluan eksterior atau interior. Nilai pengembangan tebal merupakan persentase pertambahan tebal contoh uji terhadap dimensi awalnya, setelah contoh uji direndam dalam air dengan suhu kamar selama 24 jam. Pengembangan tebal yang tinggi mengisyaratkan stabilitas dimensi yang rendah sehingga tidak cocok untuk penggunaan eksterior karena sifat mekanis yang dimiliki oleh papan tersebut akan menurun dan tidak akan bertahan lama.

Nilai rata-rata pengembangan tebal papan partikel pada setiap komposisi disajikan dalam Gambar 7, sedangkan hasil pengukuran lengkap pada Lampiran 2.



Gambar 7. Nilai rata-rata pengembangan tebal papan partikel

Pada gambar di atas terlihat bahwa papan partikel dengan komposisi 20% kayu karet dan 80% biji pala (K5) memiliki pengembangan tebal paling rendah dengan nilai sebesar 14,20%, sedangkan nilai pengembangan tebal tertinggi terdapat pada papan partikel dengan komposisi 80% kayu karet dan 20% biji pala (K2) sebesar 31,59%. Hal ini diduga disebabkan oleh adanya zat ekstraktif yang terkandung pada limbah penyulingan biji pala tersebut, yang bersifat hidrofobik. Sehingga meningkatnya limbah biji pala pada papan partikel maka pengembangan tebalnya semakin berkurang yang berarti bahwa stabilitas dimensinya meningkat.

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan komposisi bahan baku antara partikel kayu karet dengan biji pala terhadap pengembangan tebal, maka digunakan analisis keragaman pada model regresi papan partikel dengan selang kepercayaan 95% dan 99%. Analisis keragaman pada model regresi untuk pengembangan tebal disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Analisis keragaman pada model regresi pengembangan tebal

Sumber	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel	
					0.05	0.01
Regresi	1	44.07	44.07	0.82 <sup>(TN)</sup>	4,67	9,07
Galat	13	700.52	53.89			
Total	14	744.58				

Keterangan : db = derajat bebas  
 JK = jumlah kuadrat  
 KT = kuadrat tengah  
 TN = tidak nyata

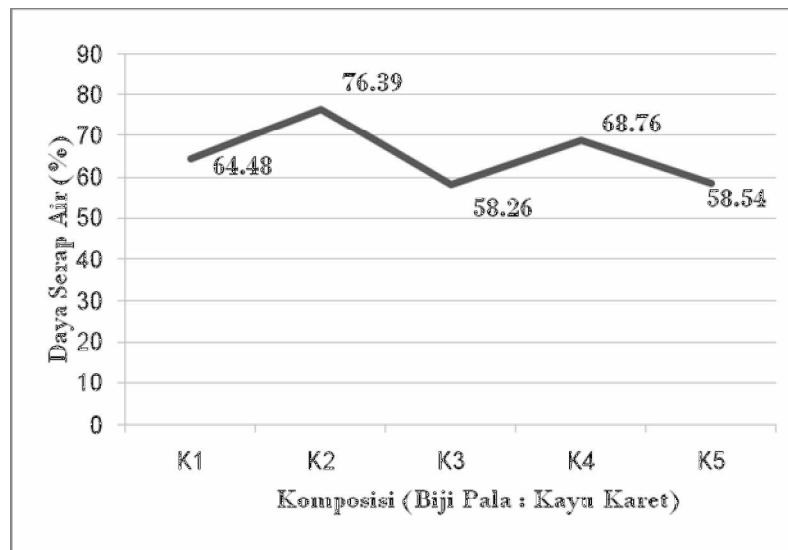
Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa komposisi bahan baku antara biji pala dan kayu karet tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pengembangan tebal papan partikel yang dihasilkan, sehingga tidak dilakukan analisis model regresi.

Pengembangan tebal papan partikel hasil pengujian memiliki kisaran nilai 14,20%-31,59%. Sedangkan JIS A 5908:2003 memberikan persyaratan untuk pengembangan tebal maksimum sebesar 12%. Dengan demikian papan partikel yang dibuat ini belum memenuhi persyaratan standar pengembangan tebal JIS A 5908:2003.

### 4.2.3 Daya Serap Air

Daya serap menunjukkan persentase banyaknya air yang diserap oleh papan partikel setelah perendaman 24 jam. Faktor ini harus diminimalkan jika papan partikel digunakan sebagai bahan bangunan.

Nilai rata-rata daya serap air papan partikel disajikan dalam Gambar 8, sedangkan hasil pengukuran secara lengkap disajikan dalam Lampiran 2.



Gambar 8. Nilai rata-rata daya serap air papan partikel

Dari Gambar 8 di atas menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai daya serap air antara papan partikel yang menggunakan partikel biji pala dengan papan partikel yang menggunakan kayu. Nilai daya serap air terbesar dimiliki papan partikel K1 (20% biji pala : 80% kayu karet) sebesar 76,39%. Sedangkan untuk papan partikel dengan daya serap air paling rendah dimiliki oleh papan partikel K3 (40% biji pala : 80% kayu karet). Semakin banyak penggunaan partikel biji pala, makin rendah nilai daya serap air pada papan partikel.

Untuk mengetahui pengaruh komposisi bahan baku antara kayu karet dengan biji pala terhadap daya serap air, maka dilakukan analisis keragaman pada model regresi papan partikel dengan selang kepercayaan 95% dan 99%. Analisis keragaman pada model regresi untuk daya serap air disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Analisis keragaman pada model regresi daya serap air papan partikel

Sumber	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel	
					0.05	0.01
Regresi	1	114,31	114,31	2,31 <sup>(TN)</sup>	4,67	9,07
Galat	13	642,99	49,46			
Total	14	757,30				

Keterangan : db = derajat bebas  
 JK = jumlah kuadrat  
 KT = kuadrat tengah  
 TN = sangat nyata

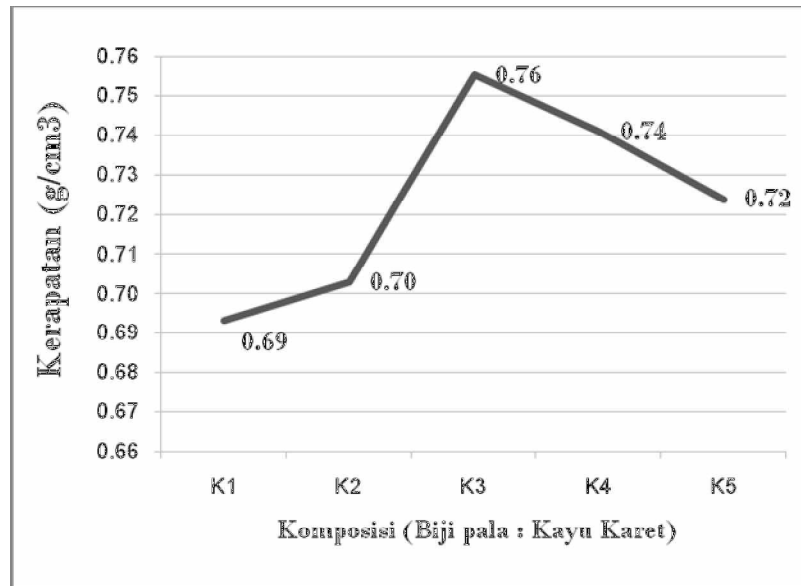
Tabel 7 di atas menunjukkan bahwa perbedaan komposisi antara kayu karet dengan biji pala tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap daya serap air, sehingga tidak dilakukan analisis model regresi.

Daya serap air papan partikel hasil pengujian memiliki kisaran nilai 58,26%-76,39%. Sedangkan JIS A 5908:2003 tidak memberikan persyaratan terhadap nilai daya serap air pada papan partikel tetapi pada papan partikel yang dibuat untuk penggunaan eksterior yang berhubungan dengan pengaruh kelembaban dan hujan maka dilakukan pengujian daya serap air untuk mengetahui ketahanan papan partikel tersebut.

#### 4.2.4 Kerapatan

Kerapatan papan partikel merupakan perbandingan antara massa dengan volume papan partikel yang dinyatakan dalam gram/cm<sup>3</sup>. Kerapatan papan partikel dibuat pada kisaran yang ditentukan sesuai dengan penggunaannya. Semakin tinggi kerapatan menyeluruh papan dari suatu bahan baku tertentu maka semakin tinggi kekuatannya (Haygreen dan Bowyer 1989). Kerapatan yang tinggi akan membutuhkan banyak bahan baku. Maka tujuan membuat papan partikel yaitu dengan kerapatan yang rendah tetapi kekuatannya memenuhi standar sehingga dapat disesuaikan dalam penggunaannya.

Nilai kerapatan rata-rata papan partikel disajikan dalam Gambar 9, sedangkan hasil pengujian secara lengkap disajikan dalam Lampiran 2.



Gambar 9. Nilai rata-rata kerapatan papan partikel

Nilai kerapatan papan partikel pada Gambar 9 di atas berkisar antara 0,69 g/cm<sup>3</sup>- 0,76 g/cm<sup>3</sup>. Nilai kerapatan tertinggi dimiliki oleh papan partikel K3 (40% biji pala : 60% kayu karet) sebesar 0,76 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan kerapatan terendah dimiliki oleh papan partikel K1 (100% kayu karet).

Kerapatan sasaran papan partikel yang dibuat yaitu 0,7 g/cm<sup>3</sup>. Perbedaan nilai kerapatan tersebut dipengaruhi oleh faktor proses pencampuran dan pengempaan yang kurang merata. Yang harus diperhatikan dalam pembuatan produk papan partikel adalah pemerataan suhu dan tekanan pada mesin kempa. Selain itu diperlukan kegiatan mat forming untuk memperoleh bentuk adonan yang merata sebelum dikempa.

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan komposisi bahan baku antara biji pala dengan kayu karet, maka dilakukan analisis keragaman pada model regresi papan partikel dengan selang kepercayaan 95% dan 99%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis keragaman pada model regresi untuk kerapatan papan partikel

Sumber	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel	
					0.05	0.01
Regresi	1	0,00363	0,00363	2,72 <sup>(TN)</sup>	4,67	9,07
Galat	13	0,01734	0,00133			
Total	14	0,02097				

Keterangan : db = derajat bebas  
 JK = jumlah kuadrat  
 KT = kuadrat tengah  
 TN = tidak berbeda nyata

Dari Tabel 8 di atas menunjukkan bahwa perbedaan komposisi bahan baku antara biji pala dengan kayu karet tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kerapatan papan partikel.

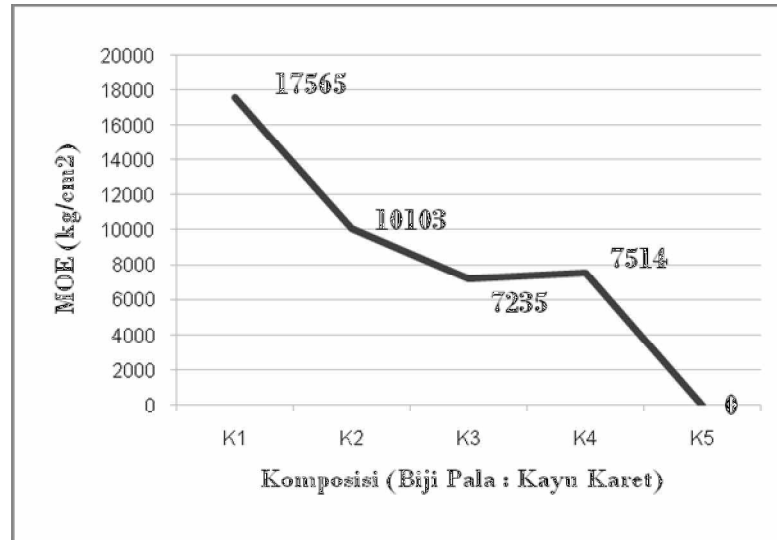
Berdasarkan pengujian terhadap papan partikel yang dibuat, nilai kerapatan papan partikel rata-rata berkisar antara 0,69 g/cm<sup>3</sup>- 0,76 g/cm<sup>3</sup>. JIS A 5908:2003 mensyaratkan kerapatan papan partikel antara 0,4 g/cm<sup>3</sup>- 0,9 g/cm<sup>3</sup>. Dengan demikian semua papan partikel memenuhi standar JIS A 5908:2003.

### 4.3 Sifat Mekanis Papan Papan Partikel

#### 4.3.1 Keteguhan Lentur

Keteguhan lentur atau *Modulus of Elasticity* (MOE) papan partikel merupakan salah satu parameter untuk mengetahui ketahanan bentuk papan partikel dengan memberikan beban secara tegak lurus terhadap papan komposit. Semakin besar nilai keteguhan lentur maka papan partikel akan semakin tahan terhadap perubahan bentuk akibat adanya beban.

Nilai rata-rata keteguhan lentur dari papan partikel disajikan dalam Gambar 10, sedangkan hasil pengujian secara lengkap disajikan dalam Lampiran 2.



Gambar 10. Nilai rata-rata keteguhan lentur atau *Modulus of Elasticity* (MOE)

Gambar 10 di atas menunjukkan bahwa kecenderungan keteguhan lentur papan partikel yang semakin menurun pada setiap penambahan komposisi partikel biji pala. Nilai keteguhan lentur rata-rata tertinggi dimiliki oleh papan partikel K1 (komposisi 100% kayu karet) sebesar 17565 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan nilai keteguhan lentur rata-rata adalah papan partikel dengan komposisi 40% biji pala dan 60% kayu karet sebesar 7253 kg/cm<sup>2</sup>. Pada papan partikel K5 (80% biji pala dan 20% kayu karet) tidak memiliki keteguhan lentur. Papan K5 tidak memiliki kekuatan penahan beban sehingga pada saat pengujian mengalami kerusakan.

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan komposisi bahan baku antara biji pala dengan kayu karet terhadap keteguhan lentur maka dilakukan analisis keragaman pada model regresi dengan selang kepercayaan 95% dan 99% yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Analisis keragaman pada model regresi keteguhan lentur papan partikel

Sumber	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel	
					0.05	0.01
Regresi	1	426801801	426801801	38,44 <sup>(SN)</sup>	4,67	9,07
Galat	13	144325649	11101973			
Total	14	571127450				

Keterangan : db = derajat bebas  
 JK = jumlah kuadrat  
 KT = kuadrat tengah  
 SN = sangat nyata



Tabel 9 di atas menunjukkan bahwa perbedaan komposisi bahan baku papan partikel memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap keteguhan lentur papan partikel.

Untuk mengetahui perlakuan mana yang berbeda maka dilakukan analisis model regresi dengan selang kepercayaan 95% yang hasilnya disajikan dalam Tabel 10.

Tabel 10. Analisis model regresi untuk keteguhan lentur papan partikel

Parameter	Notasi	Koefisien	Nilai t	Nilai Sig- $\alpha$
Konstanta	B <sub>0</sub>	16027	10,76	0,00
Komposisi Pala (%)	B <sub>1</sub>	-188,59	-6,20	0,00

Dari hasil analisis diperoleh nilai :

$$R^2 (\%) = 74,7\% \quad R^2 \text{ adjust } (\%) = 72,8\%$$

$$\text{Persamaan Regresi : MOE} = 16027 - 189 \text{ Komposisi Pala}$$

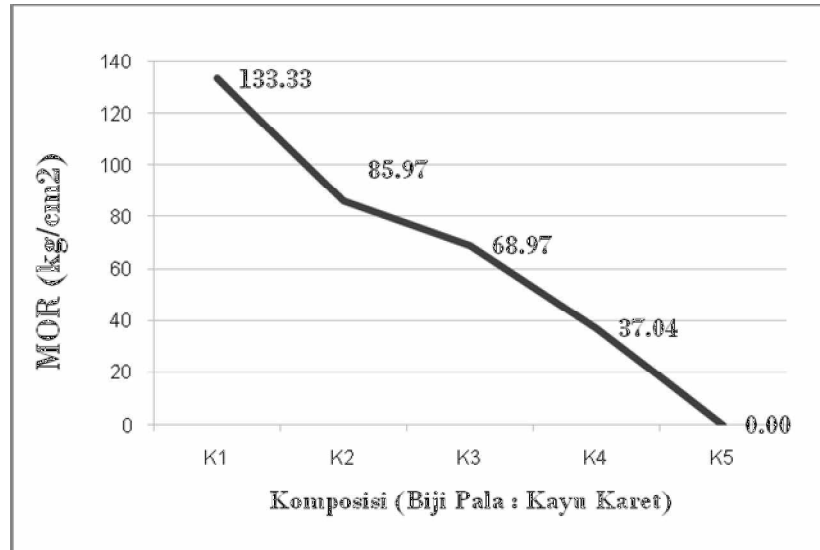
Hasil analisis model regresi pada Tabel 10 menginformasikan bahwa penambahan partikel biji pala pada papan partikel memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keteguhan lentur papan partikel. Berdasarkan nilai R<sup>2</sup>, maka penambahan partikel biji pala terhadap keteguhan lentur papan partikel sebesar 74,7%, sedangkan 25,3% dipengaruhi oleh faktor lain. Selanjutnya model regresi yang di atas signifikan untuk penambahan partikel biji pala terhadap keteguhan lentur papan partikel, karena nilai Sig- $\alpha$  < 0,05. Maka semakin tinggi persentase penambahan partikel biji pala akan semakin menurun keteguhan lentur papan partikel yang akan dihasilkan.

Dari hasil pengujian terhadap contoh uji diperoleh nilai keteguhan lentur papan partikel yang berkisar antara 17565 kg/cm<sup>2</sup>-7235 kg/cm<sup>2</sup>. JIS A 5908:2003 mensyaratkan keteguhan lentur minimal papan partikel untuk Tipe 8 yaitu 20400 kg/cm<sup>2</sup>, Tipe 13 yaitu 25500 kg/cm<sup>2</sup> dan Tipe 18 yaitu 30600 kg/cm<sup>2</sup>. Semua papan partikel yang dibuat belum memenuhi standar JIS A 5908:2003.

#### 4.3.2 Keteguhan Patah

Keteguhan patah atau *Modulus of rupture* (MOR) adalah kemampuan papan komposit maksimum dalam menahan beban atau dengan kata lain ketahanan

maksimum papan partikel terhadap beban hingga papan mengalami kerusakan (patah). Nilai rata-rata keteguhan patah disajikan pada Gambar 11 berikut ini, sedangkan hasil pengujian secara lengkap disajikan dalam lampiran 2.



Gambar 11. Nilai rata-rata keteguhan patah atau *Modulus of Rupture* (MOR)

Gambar 11 di atas menunjukkan bahwa semakin bertambah komposisi partikel biji pala pada papan partikel maka semakin kecil nilai rata-rata keteguhan patah papan partikel. Nilai rata-rata keteguhan patah terbesar dimiliki oleh papan partikel K1 (komposisi 100% kayu karet) sedangkan nilai rata-rata keteguhan patah terkecil dimiliki oleh papan partikel K4 (komposisi 60% biji pala : 40% kayu karet). Pada papan K5 dengan komposisi 80% biji pala dan 20% kayu karet dapat dikatakan tidak memiliki nilai keteguhan patah karena kerusakan papan partikel terjadi pada saat pembebanan maksimal yang sangat kecil. Hasil analisis model regresi disajikan dalam Lampiran 3.

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan komposisi bahan baku papan partikel antara biji pala dengan kayu karet, maka dilakukan analisis keragaman pada model regresi dengan selang kepercayaan 95% dan 99% dan hasilnya disajikan dalam Tabel 11.

Tabel 11. Analisis keragaman pada model regresi untuk keteguhan patah papan partikel

Sumber	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel	
					0.05	0.01
Regresi	1	29894	29894	65,95 <sup>(SN)</sup>	4,67	9,07
Galat	13	5892	453			
Total	14	35786				

Keterangan : db = derajat bebas  
 JK = jumlah kuadrat  
 KT = kuadrat tengah  
 SN = sangat nyata

Pada Tabel 11 di atas ditunjukkan bahwa perbedaan komposisi bahan baku papan partikel antara biji pala dengan kayu karet memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai rata-rata keteguhan patah papan partikel.

Selanjutnya untuk mengetahui korelasi antara penambahan komposisi biji pala terhadap keteguhan patah papan partikel dilakukan analisis model regresi dengan selang kepercayaan 95% dan hasilnya disajikan dalam Tabel 12, sedangkan hasilnya disajikan dalam lampiran 3.

Tabel 12. Analisis model regresi untuk penambahan partikel biji pala terhadap keteguhan patah papan partikel

Parameter	Notasi	Koefisien	Nilai t	Nilai Sig- $\alpha$
Konstanta	B <sub>0</sub>	128,13	13,46	0,00
Komposisi Pala (%)	B <sub>1</sub>	-1,58	-8,12	0,00

Dari hasil analisis diperoleh nilai :

$$R\text{-Sq} = 83,5\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 82,3\%$$

$$\text{Persamaan Regresi : MOR} = 128 - 1,58 \text{ Komposisi Pala}$$

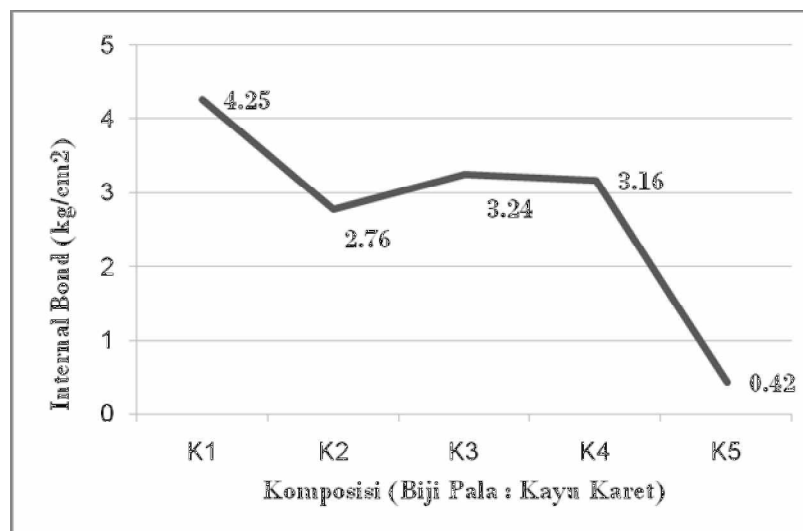
Hasil analisis model regresi menginformasikan bahwa nilai R<sup>2</sup> sebesar 83,5%, sehingga pengaruh penambahan partikel biji pala terhadap keteguhan patah papan partikel sebesar 83,5% dan 16,5% dipengaruhi oleh faktor lain. Berdasarkan nilai Sig- $\alpha$  maka model regresi signifikan untuk penambahan partikel biji pala terhadap keteguhan patah papan partikel. Semakin tinggi persentase penambahan partikel biji pala maka semakin rendah nilai keteguhan patah. Hasil analisis model regresi disajikan secara lengkap dalam Lampiran 3.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap contoh uji diperoleh nilai rata-rata keteguhan patah papan partikel yang berkisar antara 133,33 kg/cm<sup>2</sup>-37,04 kg/cm<sup>2</sup>. JIS A 5908:2003 mensyaratkan nilai keteguhan untuk papan partikel Tipe 8, 13 dan 18 dengan masing-masing nilai yaitu 82 kg/cm<sup>2</sup>, 133 kg/cm<sup>2</sup> dan 184 kg/cm<sup>2</sup>. Papan partikel dengan komposisi 100% kayu karet memenuhi standar keteguhan patah pada Tipe 13, sedangkan papan partikel dengan komposisi 80% kayu karet dan 20% biji pala memenuhi standar keteguhan patah pada Tipe 8. Untuk papan yang lain tidak memenuhi standar JIS A 5908:2003.

#### 4.3.3 Keteguhan Rekat Internal

Keteguhan rekat internal (IB) merupakan kekuatan ikatan antar partikel dalam setiap lembaran papan partikel. Papan partikel yang memiliki ikatan dalam rendah akan cenderung bersifat regas atau mudah terpecah dan membelah. Keteguhan rekat internal digunakan sebagai petunjuk untuk mengetahui kualitas papan partikel karena menunjukkan ikatan-ikatan antar partikel di dalamnya. Pengaruh terbesar dalam keteguhan rekat internal adalah bahan baku dan perekat yang digunakan dalam pembuatan papan partikel. Haygreen dan Bowyer (1989) menyatakan bahwa sifat keteguhan rekat akan semakin sempurna dengan bertambahnya perekat yang digunakan dalam proses pembuatan papan partikel.

Nilai rata-rata keteguhan rekat internal (Internal Bond) disajikan dalam Gambar 12 dan hasil perhitungan secara lengkap disajikan dalam Lampiran 2.



Gambar 12. Nilai rata-rata keteguhan rekat internal atau *Internal Bond*

Gambar 12 di atas menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi biji pala pada papan partikel maka semakin rendah nilai keteguhan rekat internal pada papan partikel. Nilai keteguhan rekat terbesar dimiliki papan partikel dengan komposisi 100% kayu karet sedangkan nilai keteguhan rekat terkecil dimiliki oleh papan partikel dengan komposisi 80% biji pala dan 20% kayu karet. Keteguhan rekat internal dipengaruhi oleh kadar perekat yang digunakan dan jenis serta kondisi bahan baku pada saat pembuatan papan partikel.

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan komposisi bahan baku antara biji pala dengan kayu karet maka dilakukan analisis keragaman pada model regresi dengan selang kepercayaan 95% dan 99%. Hasil analisis keragaman pada model regresi disajikan dalam Tabel 16.

Tabel 13. Analisis keragaman pada model regresi untuk keteguhan rekat internal (IB) papan partikel

Sumber	db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel	
					0.05	0.01
Regresi	3	24,2882	8,09605	8,95 <sup>(SN)</sup>	3,98	7,21
Galat	11	9,9546	0,90496			
Total	14	34,24				

Keterangan : db = derajat bebas  
 JK = jumlah kuadrat  
 KT = kuadrat tengah  
 SN = sangat nyata

Tabel 13 menunjukkan bahwa perbedaan komposisi bahan baku antara biji pala dengan kayu karet memiliki pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai keteguhan rekat internal (IB). Selanjutnya untuk mengetahui tingkat keterkaitan antara penambahan partikel biji pala dengan keteguhan rekat internal dilakukan analisis model regresi pada selang kepercayaan 95%. Hasil analisis polynomial regresi yang dilakukan sebagai berikut :

Dari hasil analisis diperoleh nilai :

$$R^2 (\%) = 70.9\% \quad R^2 \text{ adjust} = 63\%$$

Nilai Sig- $\alpha$  = 0,003

Persamaan Regresi :

$$IB = 4.244 - 0.1586 \text{ Komposisi} + 0.005245 (\text{Komposisi})^2 - 0.000048 (\text{Komposisi})^3$$

Hasil analisis polynomial regresi menunjukkan bahwa penambahan partikel biji pala berpengaruh terhadap keteguhan rekat internal sesuai dengan nilai  $R^2$  sebesar 70,9% sedangkan 29,1% dipengaruhi oleh faktor lain. Selanjutnya nilai Sig- $\alpha$  menunjukkan bahwa model regresi yang signifikan untuk penambahan partikel biji pala terhadap papan partikel. Semakin tinggi penambahan partikel biji pala, maka akan menurunkan nilai keteguhan rekat internal papan partikel. Hasil uji beda nyata terkecil secara lengkap disajikan pada Lampiran 3.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap contoh uji diperoleh nilai rata-rata keteguhan rekat internal papan partikel berkisar antara 4,25 kg/cm<sup>2</sup>-0,42 kg/cm<sup>2</sup>. JIS A 5908:2003 mensyaratkan nilai keteguhan untuk papan partikel Tipe 8, 13 dan 18 dengan masing-masing nilai minimum yaitu 1,5 kg/cm<sup>2</sup>, 2,0 kg/cm<sup>2</sup> dan 3,1 kg/cm<sup>2</sup>. Papan partikel dengan komposisi 100% kayu karet memenuhi standar keteguhan patah pada Tipe 18, sedangkan papan partikel yang berkomposisi 80% kayu karet : 20% biji pala, 60% kayu karet : 40% biji pala, dan 40% kayu karet : 60% biji pala memenuhi standar keteguhan patah pada Tipe 13 dan 18. Untuk papan yang berkomposisi 80% biji pala dengan 20% kayu karet tidak memenuhi standar JIS A 5908:2003.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Penambahan partikel biji pala memberikan pengaruh terhadap penampilan luar, kadar air, keteguhan lentur, keteguhan patah dan keteguhan rekat internal pada papan partikel
2. Semakin tinggi komposisi biji pala pada papan partikel maka sifat mekanis yaitu keteguhan lentur, keteguhan patah dan keteguhan rekat internal papan partikel akan semakin menurun, sedangkan kadar air cenderung meningkat.
3. Berdasarkan hasil pengujian kadar air dan kerapatan, semua papan memenuhi standar JIS A 5908:2003. Sedangkan hasil pengujian pengembangan tebal dan keteguhan lentur papan partikel, semua papan belum memenuhi standar JIS A 5908:2003
4. Papan partikel yang berkomposisi 100% kayu karet dengan 80% kayu karet dan 20% biji pala, memenuhi standar JIS A 5908:2003 dalam keteguhan patah. Sedangkan papan partikel, dengan komposisi 80% biji pala dengan 20% kayu karet yang belum memenuhi standar JIS A 5908:2003

#### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penanganan bahan baku dalam hal penghilangan zat ekstraktif yang tertinggal pada limbah penyulingan biji pala dan lama waktu penyimpanan bahan baku pada biji pala dan kayu karet.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan limbah-limbah pertanian untuk bahan baku dalam pembuatan papan partikel dengan faktor-faktor yang berbeda.
3. Untuk penggunaan bahan baku limbah kayu dan limbah pertanian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan perlakuan pendahuluan bahan baku yang dapat meningkatkan kualitas papan partikel

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, P.B. 2004. <http://www.nusindo.co.id>. Diakses tanggal 5 Januari 2008
- Anonim 2007. *Pala*, <http://id.wikipedia.org/wiki/Pala>. Diakses pada tanggal 12 September 2007
- 2001. Choose Green Particleboards. <http://www.isoboardenterprises.com>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2008
- Boerhendhy, I., C. Nancy, dan A. Gunawan. 2003. Kayu karet dapat menggantikan kayu hutan alam. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 25(1): 35.
- Djajapertjunda, S. dan D. Nasution. 1989. Kemungkinan pembangunan industri kayu karet di Sumatera Utara. hlm. 381392. Prosiding Lokakarya Nasional Pembangunan HTI Karet, Medan, 2830 Agustus 1989. Pusat Penelitian Perkebunan Sungai Putih, Medan.
- FAO. 1966. *Plywood and Other Wood Based Panels*. Food and Agriculture Organization of The United Nation, Rome.
- Haygreen, J.G. and J.L. Bowyer. 1989. *Forest Products and Wood Science; An Introduction*. The Iowa State University Press, Ames. Iowa.
- Houwink, R. and G. Solomon. 1965. *Adhesion and Adhesive*. Vol. I. and II. Elsevier Publishing Company. London
- Japanese Standard Association. 2003. *Particleboards*. Japanese Industrial Standard. JIS A 5908-2003., Tokyo
- Kelly, M.W. 1977. *Critical Literature Review of Relationships Between Processing Parameters and Physical Properties of Particleboard*. Forest Products Laboratory, Forest Service, US Department of Agriculture. Madison.
- Koch, P. 1972. *Utilization of The Southern Pines*. U. S. Development of Agriculture Forest Service. Washington.
- Kollman F.F.P, E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975. *Principle of Wood Science and Technology II. Wood Based Material*. New York. Springer Verlag.
- Kristiyanti. 2004. Pengaruh Jumlah Jahitan dan Perekat terhadap Sifat Fisis dan Keteguhan Rekat Bambu Lapis dari Bambu Tali (*Gigantochloa apus* (J.A & J.H Schultes) Kurz). Skripsi. Departemen Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Malloney, T.M. 1977. *Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman, San Francisco.



- Mandang, Y.I. dan Pandit, I.K.N. 2002. Pedoman Identifikasi Jenis Kayu di Lapangan. Yayasan Prosea Bogor dan Pusdiklat Pegawai dan Sumber Daya Manusia Kehutanan. Bogor
- Manurung, T. 2003. Laju kerusakan hutan Indonesia, terparah di planet bumi. Majalah Gatra.
- Meulenhoff, M dan B. Tambunan. 1980. Perencanaan Industri Panil-panil Kayu Dalam Rangka Pemanfaatan Limbah. Prosiding Diskusi Industri Perkayuan, 26-27 Maret 1980. Jakarta.
- Samingan, T. 1973. Catatan Jenis Pohon Penghasil Kayu Eksport di Indonesia. Proyek Peningkatan Mutu Perguruan Tinggi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Skiner, J.D, J.R.B Hague, A.R McLaughlin, and C. Loxton. 2003. An Overview of some Key Issues in the Utilization of Wheat Straw in MDF. Proceedings. The Bio-Composite Centre, University of Wales Bangor. United Kingdom
- Syauqi, M, Feryanto, A.D.A dan Ketaren, S. 2003. Bisnis Penyulingan Minyak Pala. Proposal Bisnis. Bogor. Tidak Diterbitkan
- Pramono, W. 1986. Pengaruh Rasio Kompresi dan Kadar Perekat terhadap Sifat Fisik Mekanik Papan Partikel Kayu Kelapa (*Cocos nucifera*). Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor. Tidak Diterbitkan.
- River, B.H and E.A Okkonen. 1991. Delamination of Edge-Glued Wood Panels : Moisture Effects. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison.
- Ruhendi ,S dan Y.S Hadi. 1997. Perekat dan Perekatan. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Tsoumis, G. 1991. Science and Technology of Wood : Structure, Properties, Utilization. Van Nostrand. Reinhold, New York.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1

Nilai rata-rata sifat fisis dan mekanis papan partikel.

No.	Komposisi (Kayu karet : Biji Pala)	Ulangan	Kadar Air (%)	Pengembangan Tebal (%)	Penyerapan Air (%)	Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	Internal Bond (kg/cm <sup>2</sup> )
1	100 % Kayu Karet	1	8.14	18.75	65.06	0.64	11886.33	83.25	3.32
2		2	8.95	20.57	66.14	0.67	17186.41	163.93	5.99
3		3	8.53	18.75	62.26	0.77	23621.84	152.81	3.44
		Rata-rata		8.54	19.36	64.48	0.69	17564.86	133.33
4	Komposisi 80:20 %	1	8.62	33.33	78.33	0.71	8625.67	65.97	2.83
5		2	8.85	28.92	76.30	0.69	8346.87	92.09	3.01
6		3	8.63	32.51	74.56	0.71	13337.23	99.85	2.43
		Rata-rata		8.70	31.59	76.39	0.70	10103.26	85.97
7	Komposisi 60:40 %	1	9.05	31.22	60.89	0.76	8424.79	74.26	2.74
8		2	9.64	27.80	57.36	0.73	5075.21	51.49	3.22
9		3	8.78	28.78	56.53	0.78	8205.97	81.17	3.76
		Rata-rata		9.16	29.27	58.26	0.76	7235.32	68.97
10	Komposisi 40:60 %	1	9.09	33.33	64.96	0.72	7355.78	20.51	2.01
11		2	9.94	29.56	70.57	0.75	7053.31	48.35	2.60
12		3	9.61	26.47	70.74	0.75	8134.00	42.27	4.86
		Rata-rata		9.55	29.79	68.76	0.74	7514.36	37.04
13	Komposisi 20:80 %	1	11.07	13.13	56.24	0.75	0.00	0.00	0.12
14		2	10.32	14.00	57.57	0.74	0.00	0.00	0.42
15		3	10.76	15.46	61.83	0.70	0.00	0.00	0.71
		Rata-rata		10.71	14.20	58.54	0.73	0.00	0.00

## Lampiran 2

## Hasil perhitungan Kadar Air

Komposisi	m1	m0	Kadar Air (%)
K1	80.62	74.55	8.14
K1	66.57	61.10	8.95
K1	69.86	64.37	8.53
Rata-rata			<b>8.54</b>
K2	80.74	74.33	8.62
K2	78.98	72.56	8.85
K2	85.26	78.49	8.63
Rata-rata			<b>8.70</b>
K3	80.24	73.58	9.05
K3	78.39	71.50	9.64
K3	82.86	76.17	8.78
Rata-rata			<b>9.16</b>
K4	80.15	73.47	9.09
K4	84.86	77.19	9.94
K4	89.77	81.90	9.61
Rata-rata			<b>9.55</b>
K5	81.19	73.10	11.07
K5	88.55	80.27	10.32
K5	74.64	67.39	10.76
Rata-rata			<b>10.71</b>

## Hasil perhitungan Pengembangan

## Tebal

Komposisi	t1	t2	Pengembangan Tebal (%)
K1	1.04	1.24	18.75
K1	1.05	1.26	20.57
K1	1.04	1.24	18.75
Rata-rata			<b>19.36</b>
K2	1.02	1.36	33.33
K2	1.02	1.32	28.92
K2	1.02	1.35	32.51
Rata-rata			<b>31.59</b>
K3	1.03	1.35	31.22
K3	1.03	1.31	27.80
K3	1.03	1.32	28.78
Rata-rata			<b>29.27</b>
K4	1.02	1.36	33.33
K4	1.02	1.32	29.56
K4	1.02	1.29	26.47
Rata-rata			<b>29.79</b>
K5	0.99	1.12	13.13
K5	1.00	1.14	14.00
K5	0.97	1.12	15.46
Rata-rata			<b>14.20</b>

## Hasil perhitungan Daya serap air

Komposisi	m1	m2	Penyerapan Air (%)
K1	19.29	31.84	65.06
K1	18.87	31.35	66.14
K1	20.03	32.50	62.26
Rata-rata			<b>64.48</b>
K2	18.92	33.74	78.33
K2	19.66	34.66	76.30
K2	20.28	35.40	74.56
Rata-rata			<b>76.39</b>
K3	21.22	34.14	60.89
K3	21.88	34.43	57.36
K3	21.90	34.28	56.53
Rata-rata			<b>58.26</b>
K4	21.29	35.12	64.96
K4	20.15	34.37	70.57
K4	19.89	33.96	70.74
Rata-rata			<b>68.76</b>
K5	18.83	29.42	56.24
K5	17.58	27.70	57.57
K5	15.01	24.29	61.83
Rata-rata			<b>58.54</b>

### Hasil Perhitungan Kerapatan

Komposisi	p	l	t	m	v	Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )
K1	10.27	10.42	1.06	72.15	113.08	0.64
K1	10.47	10.44	1.05	76.63	114.48	0.67
K1	10.30	10.49	1.04	86.66	112.06	0.77
Rata-rata						<b>0.69</b>
K2	10.29	10.17	1.03	76.48	107.27	0.71
K2	10.31	10.24	1.03	74.46	108.35	0.69
K2	10.32	10.32	1.03	77.93	109.89	0.71
Rata-rata						<b>0.70</b>
K3	10.28	10.36	1.03	82.67	109.33	0.76
K3	10.41	10.21	1.04	80.93	110.57	0.73
K3	10.42	10.21	1.02	84.14	108.18	0.78
Rata-rata						<b>0.76</b>
K4	10.43	10.55	1.03	81.28	113.16	0.72
K4	10.25	10.46	1.02	82.76	109.80	0.75
K4	10.38	10.38	1.04	83.95	111.71	0.75
Rata-rata						<b>0.74</b>
K5	10.48	10.36	1.00	81.28	108.30	0.75
K5	10.34	10.55	1.01	80.74	109.84	0.74
K5	10.50	10.71	0.98	76.51	110.14	0.69
Rata-rata						<b>0.73</b>

### Hasil Perhitungan Internal Bond

Komposisi	p	l	P'	Internal Bond (kg/cm <sup>2</sup> )
K1	4.98	4.91	81.20	3.32
K1	4.91	4.99	146.80	5.99
K1	4.97	4.99	85.20	3.44
Rata-rata				<b>4.25</b>
K2	4.94	4.97	69.60	2.83
K2	4.88	4.95	72.80	3.01
K2	4.93	4.87	58.40	2.43
Rata-rata				<b>2.76</b>
K3	4.96	4.89	66.40	2.74
K3	4.95	4.89	78.00	3.22
K3	4.91	4.94	91.20	3.76
Rata-rata				<b>3.24</b>
K4	5.06	5.00	50.80	2.01
K4	5.11	4.96	66.00	2.60
K4	5.16	4.97	124.40	4.86
Rata-rata				<b>3.16</b>
K5	5.16	5.09	3.20	0.12
K5	5.29	4.89	10.80	0.42
K5	5.13	5.13	18.80	0.71
Rata-rata				<b>0.42</b>

**Hasil Perhitungan Keteguhan Lentur (MOE) dan Keteguhan Patah (MOR)**

No .	Komposisi (Kayu Karet : Biji pala)	Ulangan	P	L	b	h	$\Delta P$	$\Delta y$	MOR	MOE
1	Komposisi 100 % Kayu	1	20.0	15	5.095	1.030	2	0.026	83.25	11886.33
2		2	38.4	15	4.920	1.035	2	0.018	163.93	17186.41
3		3	36.8	15	5.108	1.030	2	0.013	152.81	23621.84
4	Komposisi 80:20 %	1	15.6	15	5.015	1.030	2	0.036	65.97	8625.67
5		2	22.8	15	5.005	1.055	2	0.034	92.09	8346.87
6		3	23.6	15	5.013	1.030	2	0.023	99.85	13337.23
7	Komposisi 60:40 %	1	17.2	15	4.960	1.025	2	0.038	74.26	8424.79
8		2	12.4	15	5.010	1.040	2	0.059	51.49	5075.21
9		3	18.8	15	4.960	1.025	2	0.039	81.17	8205.97
10	Komposisi 40:60 %	1	4.8	15	5.013	1.025	2	0.043	20.51	7355.78
11		2	11.2	15	5.010	1.020	2	0.045	48.35	7053.31
12		3	9.6	15	4.960	1.015	2	0.040	42.27	8134.00
13	Komposisi 20:80 %	1	0.0	15	4.985	0.850	2	0.000	0.00	0.00
14		2	0.0	15	5.085	0.850	2	0.000	0.00	0.00
15		3	0.0	15	4.985	0.800	2	0.000	0.00	0.00

### Lampiran 3

#### Hasil analisis regresi untuk kadar air

Regression Analysis: Kadar air (%) versus Komposisi

The regression equation is

$$\text{Kadar air (\%)} = 8.29 + 0.0260 \text{ Komposisi}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	8.2930	0.1897	43.73	0.000
Komposisi	0.025958	0.003871	6.71	0.000

S = 0.424093    R-Sq = 77.6%    R-Sq(adj) = 75.8%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	8.0860	8.0860	44.96	0.000
Residual Error	13	2.3381	0.1799		
Total	14	10.4241			

#### Hasil analisis regresi untuk pengembangan tebal

Regression Analysis: Pengembangan Tebal (%) versus Komposisi

The regression equation is

$$\text{Pengembangan Tebal (\%)} = 27.3 - 0.0606 \text{ Komposisi}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	27.263	3.283	8.30	0.000
Komposisi	-0.06060	0.06701	-0.90	0.382

S = 7.34069    R-Sq = 5.9%    R-Sq(adj) = 0.0%

## Anal ysi s of Vari ance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regressi on	1	44.07	44.07	0.82	0.382
Resi dual Error	13	700.52	53.89		
Total	14	744.58			

**Hasil analisis regresi untuk daya serap air**

Regressi on Anal ysi s: Penyerapan Ai r (%) versus Komposi si

The regressi on equati on i s

$$\text{Penyerapan Ai r (\%)} = 69.2 - 0.0976 \text{ Komposi si}$$

Predi ctor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	69.193	3.145	22.00	0.000
Komposi si	-0.09760	0.06420	-1.52	0.152

$$S = 7.03282 \quad R\text{-Sq} = 15.1\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 8.6\%$$

## Anal ysi s of Vari ance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regressi on	1	114.31	114.31	2.31	0.152
Resi dual Error	13	642.99	49.46		
Total	14	757.30			

**Hasil analisis regresi untuk Kerapatan**

Regressi on Anal ysi s: Kerapatan versus Komposi si

The regressi on equati on i s

$$\text{Kerapatan} = 0.703 + 0.000550 \text{ Komposi si}$$

Predi ctor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.70267	0.01633	43.02	0.000
Komposi si	0.0005500	0.0003334	1.65	0.123

S = 0.0365254    R-Sq = 17.3%    R-Sq(adj) = 10.9%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.003630	0.003630	2.72	0.123
Residual Error	13	0.017343	0.001334		
Total	14	0.020973			

### Hasil analisis regresi untuk MOE

Regression Analysis: MOE versus Perlakuan

The regression equation is

MOE = 16027 - 189 Perlakuan

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	16027	1490	10.76	0.000
Perlakuan	-188.59	30.42	-6.20	0.000

S = 3331.96    R-Sq = 74.7%    R-Sq(adj) = 72.8%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	426801801	426801801	38.44	0.000
Residual Error	13	144325649	11101973		
Total	14	571127450			



### Hasil analisis regresi untuk MOR

Regression Analysis: MOR versus Perlakuan

The regression equation is

$$\text{MOR} = 128 - 1.58 \text{ Perlakuan}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	128.133	9.521	13.46	0.000
Perlakuan	-1.5783	0.1943	-8.12	0.000

S = 21.2899 R-Sq = 83.5% R-Sq(adj) = 82.3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	29894	29894	65.95	0.000
Residual Error	13	5892	453		
Total	14	35786			

### Hasil analisis regresi untuk internal bond

Polynomial Regression Analysis: IB versus Komposisi

The regression equation is

$$\text{IB} = 4.244 - 0.1586 \text{ Komposisi} + 0.005245 \text{ Komposisi}^{**2} - 0.000048 \text{ Komposisi}^{**3}$$

S = 0.951296 R-Sq = 70.9% R-Sq(adj) = 63.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	24.2882	8.09605	8.95	0.003
Error	11	9.9546	0.90496		
Total	14	34.2428			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	15.8413	11.19	0.005
Quadratic	1	2.0065	1.47	0.249

Cubi c 1 6.4403 7.12 0.022

### Lampiran 4



Partikel Kayu Karet

Partikel Limbah Penyulingan Biji Pala



Pencampuran Partikel



Mat Forming



Pengempaan



Papan yang dihasilkan