

# PENGARUH BESARAN KEMPA TERHADAP SIFAT PAPAN PARTIKEL SERUTAN KAYU

## *(The Effect of Pressing Rate on Wood Shaving Particleboard Properties)*

Oleh/By :

**M.I.Iskandar<sup>1</sup> & Achmad Supriadi<sup>2</sup>**

Email: 19supriadi61@gmail.com

<sup>1,2</sup> Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan,  
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610  
Telp. 0251 8633378, Fax. 0251 8633414

Diterima 9 Juli 2011, disetujui 6 September 2011

### ABSTRACT

*Wood working activities on gmelina have produced abundant of wood shavings. These wastes could in fact be used as particleboard raw material. This study examined an experiment of converting gmelina wood shavings into particleboard with pressing variations.*

*The experiment used urea formaldehyde (UF) adhesive and pressing variations of 15 kg/cm<sup>2</sup>, 20 kg/cm<sup>2</sup> dan 25 kg/cm<sup>2</sup>. Physical and mechanical properties of the produced particleboards were then tested.*

*Results indicate that the produced wood-shaving particleboard is categorized as medium density, i.e. 0.67 kg/cm<sup>3</sup> in average. Physical and mechanical properties of the particleboard could satisfy the Indonesian and Japanese standards, in terms of density, moisture content, thickness swelling and bending strength. However, the properties that comply with the FAO standard were density and thickness swelling only. There was a correlative trend, i.e. the greater pressure. Produced better particleboard properties, although statistically compression pressure did not significantly effect the physical and mechanical properties of the shaving particleboard.*

*Keyword : Wood planning, particleboard, compression pressure, physical and mechanical properties.*

### ABSTRAK

Dalam pengerjaan kayu gmelina dihasilkan banyak limbah serutan. Limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produk papan partikel. Dalam penelitian ini dilakukan percobaan pembuatan papan partikel dari serutan gmelina dengan variasi tekanan. Perekat yang digunakan adalah urea formaldehida (UF) cair, dengan tekanan kempa bervariasi yaitu 15 kg/cm<sup>2</sup>, 20 kg/cm<sup>2</sup> dan 25 kg/cm<sup>2</sup>.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan partikel serutan kayu termasuk papan partikel berkerapatan sedang, yaitu rata-rata 0,67 g/cm<sup>3</sup>. Sifat fisis mekanis papan partikel serutan kayu yang memenuhi standar Indonesia dan Jepang adalah kerapatan, kadar air, pengembangan tebal dan keteguhan patah. Namun demikian yang memenuhi standar FAO adalah kerapatan dan pengembangan tebal. Terdapat kecenderungan makin tinggi tekanan kempa makin baik sifat papan partikel, meskipun secara statistik tekanan kempa tidak berpengaruh nyata terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel serutan kayu.

Kata kunci : Serutan kayu, papan partikel, tekanan kempa, sifat fisis mekanis

## I. PENDAHULUAN

Masalah serius yang dihadapi oleh industri pengolahan kayu di Indonesia saat ini adalah sulitnya memperoleh bahan baku terutama kayu bulat, karena kemampuan produksi kayu bulat terutama dari hutan alam yang terus menurun dan semakin terbatas. Realisasi produksi kayu bulat tahun 2008 sebesar 31.491.584 m<sup>3</sup>, jumlah ini lebih rendah dari volume yang dibutuhkan yaitu sekitar 50.000.000 m<sup>3</sup> (Anonim, 2009). Dampak dari keadaan ini adalah makin sulitnya industri memperoleh pasokan bahan baku kayu baik secara kuantitas maupun kualitas. Salah satu program pemerintah untuk menanggulangi masalah ini dengan dikembangkannya hutan tanaman industri (HTI). Pengembangan HTI bertujuan untuk peningkatan penyediaan bahan baku kayu bagi industri perkerajinan secara mantap dan berkesinambungan. Salah satu jenis pohon yang dikembangkan dalam program HTI adalah kayu gmelina (*Gmelina arborea* Roxb).

Kayu gmelina telah banyak dikenal dalam dunia perdagangan, termasuk family *verbenaceae*, cepat tumbuh (*fast growing spesies*). Di tempat tumbuh yang optimum gmelina dapat mencapai tinggi 30 m dan diameter di atas 60 cm, tetapi pada umumnya mencapai tinggi 20 m dengan tinggi bebas cabang 6 - 9 m. Pada mulanya pohon ini dikenal sebagai penghasil kayu energi, karena kayunya menghasilkan arang berkualitas baik, kurang berasap dan cepat terbakar serta menghasilkan nilai kalor sekitar 4800 Kcal per kilogram kayu. Tanaman gmelina mempunyai beberapa kegunaan di antaranya sebagai bahan pembuatan *pulp*, venir dan kayu lapis, papan partikel, bahan bangunan, *moulding* dan lain-lain (Lempang, 2007). Selama ini kayu gmelina paling banyak digunakan sebagai bahan baku pengerjaan kayu (*wood working*).

Pada proses pengerjaan kayu banyak dihasilkan berbagai limbah, diantaranya adalah limbah berupa serutan kayu. Serutan kayu dapat dimanfaatkan dan dikonversi menjadi papan partikel karena memenuhi persyaratan sebagai bahan baku papan partikel. Persyaratan penting bahan baku untuk dapat digunakan dalam pembuatan papan partikel adalah lebih disukai jenis pohon berkerapatan rendah sampai sedang karena semakin mudah dikempa, kontak antara permukaan partikel semakin sempurna dan panel yang dibentuk semakin padat, sehingga kekuatannya semakin baik (Haygreen dan Bowyer, 1996).

Salah satu tahapan kegiatan yang dilakukan dalam proses pembuatan papan partikel adalah pengempaan panas, untuk papan partikel yang menggunakan perekat urea formaldehida menggunakan tekanan kempa 15 - 25 kg/cm<sup>2</sup> (Kliwon dan Iskandar, 2010). Pada saat dilakukan pengempaan, diperlukan energi listrik untuk menggerakkan mesin kempa. Makin tinggi besaran kempa makin besar energi yang dibutuhkan dan sebaliknya. Pada variasi besaran kempa, dengan kualitas hasil kempa yang sama, secara ekonomi lebih menguntungkan menggunakan besaran kempa yang lebih rendah. Dalam tulisan ini disajikan hasil penelitian pengaruh besaran kempa terhadap sifat papan partikel serutan kayu yang dilapisi dengan polypropylene.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah serutan kayu gmelina, plastik prophylyene daur ulang. Perekat yang digunakan adalah urea formaldehida.

## B. Metode

### 1. Persiapan bahan baku

Partikel kayu berupa limbah serutan kayu gmelina disaring untuk mendapatkan partikel yang tertahan di saringan 4 mesh dan 2 mesh, kemudian ditimbang dan dikeringkan dalam oven pada suhu  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  hingga mencapai kadar air 7 - 12%. Pelet polypropylene dengan perbandingan 20% pelet dan 80% partikel, dibagi menjadi 2 bagian (untuk bagian atas dan bawah masing-masing sebesar 10%). Perekat urea formaldehida dengan konsentrasi 18% dari berat partikel.

### 2. Pembuatan papan partikel

#### a. Pencampuran

Pencampuran perekat dengan serutan kayu dilakukan secara manual. Serutan kayu dimasukkan ke dalam blender dan perekat yang sudah berada dalam sprayer disemprotkan ke dalam blender sampai serutan secara merata terlapisi perekat

#### b. Pengempaan

Serutan kayu yang telah diberi perekat dimasukkan ke dalam cetakan kayu berukuran 30 cm x 30 cm dan diratakan sampai setiap sudut terisi, setelah itu diinjak-injak agar bahan adonan menjadi padat. Selanjutnya cetakan kayu diambil, bagian atas dan bawah ditutup dengan plat seng berukuran 30 cm x 30 cm, kemudian dikempa panas dengan suhu  $150^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan bervariasi yaitu  $15\text{ kg/cm}^2$ ,  $20\text{ kg/cm}^2$  dan  $25\text{ kg/cm}^2$  selama 10 menit.

#### c. Pelapisan polypropylene

Tahap selanjutnya lembaran papan yang sudah dicetak dilapisi dengan polypropylene masing-masing sebesar 10% di bagian bawah dan atas papan. Kemudian dimasukkan ke dalam mesin kempa panas selama 10 menit dengan tekanan bervariasi yaitu 15 kg, 20 kg dan 25 kg. Setelah keluar dari mesin kempa panas, lembaran papan partikel langsung dimasukkan ke dalam mesin kempa dingin selama 15 menit agar terjadi pengerasan pada polypropylene. Kemudian dilakukan pengondisian selama 7 hari pada papan partikel yang dihasilkan.

### 3. Pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel

Pengujian sifat fisis meliputi kerapatan, kadar air, penyerapan air dan pengembangan tebal. Sedangkan untuk sifat mekanis meliputi modulus patah (MOR) dan kuat cabut sekrup tegak lurus serat. Prosedur pengujian menurut Standar Nasional Indonesia (Anonim, 2000).

## C. Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan kempa terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel serutan kayu, maka dilakukan sidik ragam dengan rancangan acak lengkap dengan percobaan factorial (Sudjana, 1980). Perlakuan dalam penelitian ini adalah besaran kempa yang terdiri dari 3 tingkat yaitu 15 kg, 20 kg dan 25 kg dengan banyaknya ulangan 3 buah. Nilai rata-rata sifat fisis dan mekanis papan partikel serutan kayu dibandingkan dengan Standar Jepang (Anonim, 2003) mengenai mutu papan partikel. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan program Minitab (Hendradi, 2006).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel serutan kayu disajikan pada Tabel 1. Untuk mengetahui pengaruh tekanan kempa terhadap sifat papan partikel serutan kayu dilakukan analisis keragaman dan hasilnya disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 1. Nilai rata-rata sifat fisis dan mekanis papan partikel serutan kayu**  
*Table 1. Mean values of physical and mechanical properties of wood shaving paricleboard)*

No	Parameter fisis dan mekanis (Physical and mechanical parameter)	Besaran kempa (Pressing rate), kg/cm <sup>2</sup>			Rata-rata (Average)
		15	20	25	
A.	Sifat fisis (Physical properties)				
1	Kerapatan (Density), g/cm <sup>3</sup>	0,64	0,67	0,69	0,67
2	Kadar air (Moisture content), %	13,37	12,26	11,73	12,45
3	Penyerapan air (Water absorption), %				
	a. Direndam 2 jam (Immersion at 2 hours)	5,36	5,14	4,97	5,16
	b. Direndam 24 jam (Immersion at 24 hours)	28,1	24	18,8	23,6
4	Pengembangan tebal (Thickness swelling), %				
	a. Direndam 2 jam (Immersion at 2 hours)	4,82	3,80	3,26	3,96
	b. Direndam 24 jam (Immersion at 24 hours)	9,35	7,49	6,48	7,77
B.	Sifat mekanis (Mechanical properties)				
5	Modulus patah (Modulus of Rupture), kg/cm <sup>2</sup>	89,97	105,6	136,9	110,82
6	Kuat cabut sekrup (Screw-withdrawl strength)	14,40	15,13	16,53	15,35

Kerapatan papan partikel serutan kayu memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI, 2006) dan Standar Jepang (JIS, 2003) karena nilainya berada di antara 0,50 0,90 g/cm<sup>3</sup> serta Standar FAO (FAO, 1966) karena nilainya ada di antara 0,40 0,80 g/cm<sup>3</sup>. Secara statistik tidak ada pengaruh nyata besaran kempa terhadap kerapatan papan partikel serutan kayu (Tabel 2). Kerapatan papan partikel serutan kayu ini lebih rendah dibandingkan dengan papan partikel sabut kelapa menggunakan perekat yang sama yaitu 0,92 g/cm<sup>3</sup> (Iskandar dan Supriadi, 2010).

Kadar air papan partikel serutan kayu yang dibuat semuanya memenuhi Standar Indonesia (Anonim, 2000) karena nilainya kurang dari 14%, memenuhi Standar Jepang atau JIS (Anonim, 2003) karena nilainya berada di antara 5-13% serta sebagian memenuhi standar Standar FAO (Anonim, 1966) karena nilainya kurang dari 12%. Secara statistik tidak ada

pengaruh nyata tekanan kempa terhadap kadar air papan partikel serutan kayu (Tabel 2). Kadar air papan partikel serutan kayu lebih tinggi dibandingkan dengan papan partikel dari campuran kayu rimba dan pinus yaitu 9,44% (Kliwon dan Iskandar, 1994), tetapi lebih kecil dibandingkan dengan papan partikel dari bambu betung yaitu 9,6% (Sulastiningsih *et al.*, 2005).

**Tabel 2. Analisis keragaman pengaruh tekanan kempa terhadap sifat papan partikel serutan kayu**

*Table 2. Analysis of variance on the effect of pressin rate on properties of wood shaving particleboard*

No.	Parameter fisis dan mekanis (Physical and mechanical parameter)	Db (df)	Kuadrat tengah (Mean squares)	F hitung (F calc.)
1	Kerapatan (Density), g/cm <sup>3</sup>			
	Besaran kempa (Pressing rate)	2	0,002227	2,70
	Galat (error)	6	0,000826	
2	Kadar air (Moisture content), %			
	Besaran kempa (Pressing rate)	2	2,11	0,84
	Galat (error)	6	2,51	
3	Penyerapan air (Water absorption), %			
	a. Direndam 2 jam (Immersion at 2 hours)			
	Besaran kempa (Pressing rate)	2	0,1152	3,61
	Galat (error)	6	0,0319	
	b. Direndam 24 jam (Immersion at 24 hours)			
	Besaran kempa (Pressing rate)	2	64,3	3,91
	Galat (error)	6	16,4	
4	Pengembangan tebal (Thickness swelling), %			
	a. Direndam 2 jam (Immersion at 2 hours)			
	Besaran kempa (Pressing rate)	2	1,89	0,59
	Galat (error)	6	3,18	
	b. Direndam 24 jam (Immersion at 24 hours)			
5	Besaran kempa (Pressing rate)	2	6,37	0,59
	Galat (error)	6	6,81	
6	Modulus patah (Modulus of Rupture), kg/cm <sup>2</sup>			
	Besaran kempa (Pressing rate)	2	1709	1,44
	Galat (error)	6	1188	
	Kuat cabut sekrup (Screw-withdrawal strength)			
	Besaran kempa (Pressing rate)	2	4	0,03
	Galat (error)	6	114	

Keterangan (Remarks) : db (df) = derajat bebas (degree of freedom)

Nilai pengembangan tebal papan partikel serutan kayu setelah direndam dalam air dingin selama 2 jam berkisar antara 3,26% hingga 4,82% dengan nilai rata-rata 3,96%. Standar Indonesia, Standar Jepang dan Standar FAO tidak mensyaratkan besarnya nilai penyerapan air pada papan partikel yang direndam dalam air dingin selama 2 jam. Makin tinggi tekanan kempa, makin kecil terjadinya pengembangan tebal pada papan partikel serutan kayu. Tekanan kempa dan perekat yang digunakan akan meningkatkan ikatan antar partikel sehingga papan partikel serutan kayu yang dihasilkan lebih tahan terhadap air dan lebih stabil. Akan tetapi, hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa tekanan kempa tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal papan partikel serutan kayu.

Nilai pengembangan tebal seluruh papan partikel serutan kayu yang dibuat memenuhi syarat Standar Indonesia, Standar Jepang dan Standar FAO karena nilai pengembangan tebalnya lebih kecil dari 12%. Seperti pada papan partikel serutan kayu yang direndam selama 2 jam, pada papan partikel serutan kayu yang direndam selama 24 jam juga menunjukkan makin tinggi tekanan kempa, makin kecil terjadinya pengembangan tebal pada papan partikel serutan kayu, walaupun hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa tekanan kempa tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal papan partikel serutan kayu. Nilai pengembangan tebal papan partikel serutan kayu yang telah direndam selama 24 jam lebih tinggi dibandingkan dengan yang direndam selama 2 jam. Hal ini terjadi karena makin lama waktu perendaman makin banyak kemungkinan air terserap oleh papan partikel, sehingga terjadi pengembangan yang lebih tinggi pada papan partikel tersebut. Nilai pengembangan tebal papan partikel serutan kayu dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan nilai pengembangan tebal papan partikel dari serbuk gergajian menggunakan perekat yang sama yang berkisar antara 13,47 - 17,96% (Yusuf, 2003). Hal ini diduga karena serbuk gergajian lebih mudah menyerap air dibandingkan dengan serutan kayu, sehingga dihasilkan nilai pengembangan tebal yang lebih tinggi. Nilai pengembangan tebal papan partikel serutan kayu juga lebih rendah dibandingkan dengan papan partikel dari campuran kayu rimba dan pinus yaitu 12,62% (Kliwon dan Iskandar, 1994) dan papan partikel dari bambu betung yaitu 11,50% (Sulastingsih *et al.*, 2006). Dengan demikian stabilitas dimensi papan partikel dari serutan kayu yang dibuat lebih tinggi dibanding papan partikel dari serbuk gergajian, campuran kayu rimba dan pinus serta dari bambu betung.

Penyerapan air papan partikel serutan kayu setelah direndam dalam air dingin selama 2 jam berkisar antara 4,97 - 5,36% dengan rata-rata 5,16%. Standar Indonesia, Standar Jepang dan Standar FAO tidak mensyaratkan besarnya nilai penyerapan air pada papan partikel. Makin tinggi tekanan kempa, semakin kecil penyerapan air papan partikel serutan kayu, akan tetapi hasil sidik ragam pada Tabel 2 menunjukkan bahwa tekanan kempa tidak berpengaruh nyata terhadap sifat penyerapan air papan partikel serutan kayu.

Penyerapan air papan partikel serutan kayu setelah direndam dalam air dingin selama 24 jam berkisar antara 18,8 - 28,1% dengan rata-rata 23,6%. Standar Indonesia dan Standar Jepang tidak mensyaratkan besarnya nilai penyerapan air pada papan partikel yang direndam dalam air dingin selama 24 jam, sedangkan standar FAO mensyaratkan nilai penyerapan berkisar antara 20 - 75%, sehingga sebagian besar papan partikel yang dibuat memenuhi persyaratan standar FAO. Makin tinggi tekanan kempa, semakin kecil penyerapan air papan partikel serutan kayu. Hasil sidik ragam pada Tabel 2 menunjukkan bahwa tekanan kempa tidak berpengaruh nyata terhadap sifat penyerapan air papan partikel serutan kayu. Nilai penyerapan air papan partikel serutan kayu lebih kecil

dibandingkan dengan papan partikel tandan sawit menggunakan perekat yang sama yaitu 246,15% (Iskandar dan Supriadi, 2010) dan papan partikel dari bambu betung menggunakan perekat yang sama yaitu 57,55% (Sulastiningsih *et al.*, 2006).

Nilai modulus patah semua papan partikel serutan kayu yang dibuat memenuhi syarat menurut Standar Indonesia papan partikel tipe 8 ( $>82 \text{ kg/cm}^3$ ), Standar Jepang ( $82 - 184 \text{ kg/cm}^3$ ) dan sebagian besar memenuhi Standar FAO ( $100 - 500 \text{ kg/cm}^3$ ). Hasil sidik ragam pada Tabel 2 menunjukkan bahwa tekanan kempa tidak berpengaruh nyata terhadap nilai modulus patah papan partikel serutan kayu. Nilai modulus patah papan partikel serutan kayu lebih kecil dibandingkan dengan papan partikel sawit yaitu  $182,68 \text{ kg/cm}^2$  (Iskandar dan Supriadi, 2010) dan papan partikel dari bambu betung yaitu  $122,526 \text{ kg/cm}^2$  (Sulastiningsih *et al.*, 2006). Dengan demikian stabilitas dimensi papan partikel dari serutan kayu yang dibuat lebih tinggi dibanding papan partikel tandan sawit dan papan partikel dari bambu betung.

Nilai pengujian kuat cabut sekrup tegak lurus permukaan papan partikel serutan kayu seluruhnya tidak memenuhi persyaratan Standar Indonesia (minimal 40 kg), standar Jepang (31 - 51 kg), sedangkan standar FAO tidak mensyaratkan nilai kuat cabut sekrup. Hasil sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa tekanan kempa tidak berpengaruh nyata terhadap kuat cabut sekrup papan partikel serutan kayu.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Papan partikel serutan kayu yang dibuat memiliki kerapatan  $0,67 \text{ g/cm}^3$ , termasuk papan partikel berkerapatan sedang.
2. Sifat fisis mekanis papan partikel serutan kayu yang memenuhi standar Indonesia dan Jepang adalah kerapatan, kadar air, pengembangan tebal dan keteguhan patah, standar FAO adalah kerapatan dan pengembangan tebal.
3. Besaran kempa tidak berpengaruh nyata terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel serutan kayu, sehingga secara ekonomis disarankan dapat menggunakan besaran kempa  $15 \text{ kg/cm}^2$ .
4. Papan partikel serutan kayu ini termasuk papan partikel berkerapatan sedang, sehingga disarankan dapat digunakan sebagai penyekat ruangan dan daun meja berangka.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1966. Plywood and Other Wood-based Panels. Food and Agricultural Organization of United Nation. Rome.
- . 2006. Papan Partikel. Badan Standardisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia. Jakarta. SNI 03-2105-2006.
- . 2002. Kebijakan dan Strategi Umum Pengembangan Industri Kecil Menengah. Departemen Perindustrian dan Perdagangan. Jakarta

- , 2003. Particleboards. Japan Standard Association. Tokyo. Japan Internasional Standard. JIS A. 5908:2003.
- , 2009. Statistik Kehutanan Indonesia. Departemen Kehutanan. Jakarta
- Haygreen, J.G. and J.L. Bowyer. 1996. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu pengantar. Terjemahan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hendrardi, T.C. 2006. Statistik Six Sigma dengan Minitab. Panduan Cerdas Inisiatif Kualitas. ANDI OFFSET. Yogyakarta.
- Iskandar, M.I. dan A. Supriadi. 2010. Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel tandan sawit. Buletin Penelitian Hasil Hutan 16(2). Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Kliwon, S. dan M.I. Iskandar. 1994. Sifat kayu lapis dan papan partikel beberapa jenis kayu hutan tanaman industri. Prosiding Diskusi Hasil Penelitian Puslitbang Hasil Hutan dan Sosek Kehutanan pp : 461- 470. Cipayung. 24-25 Maret 1994.
- Kliwon, S. dan M.I. Iskandar. 2010. Produk papan partikel datar berbasis bahan baku kayu. Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan. Bogor
- Lempang, M. 2007. Pertumbuhan tanaman dan kegunaan kayu Melina. Prosiding Ekspose Hasil Penelitian Litbang kehutanan untuk Mendukung Pembangunan Kehutanan Regional pp: 161-174. Makassar 12-13 November 2007
- Sudjana. 1980. Disain dan eksperimen analisis. Tarsito, Bandung
- Sulastiningsih, I.M., Novitasari dan A. Turoso. 2006. Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel bambu. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 24(1): 1-8. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Yusuf, M. 2003. Peningkatan mutu kualitas papan partikel dari limbah serbuk gergaji kayu akasia dan limbah plastik polypropylene dengan perekat UF pada berbagai variasi waktu kempa. Skripsi S1. Fakultas Kehutanan UNWIM. Tidak dipublikasikan.