

## PAPAN SERAT BERKERAPATAN SEDANG BERBAHAN BAKU *SLUDGE* TERASETILASI DARI INDUSTRI KERTAS

Luthfi Hakim<sup>1\*)</sup>, Evalina Herawati<sup>1</sup>, dan I Nyoman Jaya Wistara<sup>2</sup>

1. Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan 20155, Indonesia
2. Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Indonesia

<sup>\*)E-mail: luthfi@usu.ac.id</sup>

---

### Abstrak

Penelitian pemanfaatan *sludge* sebagai bahan baku pembuatan papan serat berkerapatan sedang atau *medium density fibreboard* (MDF) berguna untuk menciptakan nilai tambah dari *sludge*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi sifat fisis, mekanik, dan ketahanan MDF dari *sludge* terasetilasi dengan 4 macam konsentrasi asetat anhidrida (0%, 3%, 5% dan 7%) dengan 3 kali ulangan. Pembuatan MDF dilakukan dengan proses kering. Setelah bahan baku dicampur perekat, dilakukan pengempaan dengan menggunakan kempa panas dengan suhu 170 °C dan tekanan 45 Pa selama 25 menit. Ukuran papan yang akan dibuat adalah 25 cm x 20 cm x 1 cm dengan kerapatan 0,8 g/cm<sup>3</sup>. Selanjutnya dilakukan pengujian sifat fisik (kerapatan, kadar air, daya serap air, pengembangan tebal) dan mekanik (keteguhan lentur, keteguhan patah, keteguhan rekat, kuat pegang sekrup) terhadap MDF yang dihasilkan yang mengacu pada JIS A 5905-2003 dan pengujian ketahanan mengacu pada SNI 01-7207-2006. Keseluruhan sifat fisik MDF memenuhi standar JIS A 5905-2003. Pemberian asetat anhidrida menurunkan nilai kadar air MDF yang dihasilkan. Hasil pengujian sifat mekanik seluruhnya tidak memenuhi standar yang diacu. Hal tersebut dipengaruhi oleh kalsium karbonat dalam *sludge* yang menghambat ikatan antar serat *sludge*. Hasil pengujian keawetan MDF termasuk kedalam kelas I, yaitu sangat tahan terhadap rayap.

### Abstract

**Medium Density Fibreboard Made of Acetylated Sludge from Paper Mill.** Research of using sludge as raw material for making medium density fibreboard (MDF) was useful to create additional value of sludge. The objective of the research was to evaluate physical properties, mechanical properties, and durability of MDF from acetylated sludge in 4 levels of acetate anhydride (0%, 3%, 5%, and 7%) with 3 replicates. The MDF was made using dry process. After materials were mixed with adhesives, they were pressed using hotpress under 170 °C temperature and 45 Pa pressure for 25 minutes. The size of the MDF sample was 25 cm x 20 cm x 1 cm with 0.8 g/cm<sup>3</sup> density. The physical properties (density, moisture content, water absorption, thickness swelling) and mechanical properties (modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bond, screw holding power) was tested based on JIS A 5905-2003 standard. The durability was evaluated using SNI 01-7207-2006. All physical properties of MDF fulfill JIS A 5905-2003. Acetate anhydride decreased the moisture content value of MDF. On the other hand, all mechanical properties did not fulfill the standard. That was caused by calcium carbonate in sludge that blocked the adhesion between sludge fibres. The durability of MDF tested here was classified Class I which is very resistant to termites.

*Keywords: acetylated sludge, durability properties, MDF, mechanical properties, physical properties*

---

### 1. Pendahuluan

Menurut data tahun 2005 yang diperoleh dari Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia (APKI) tercatat 13 unit manajemen industri pulp dan 77 unit industri kertas. Total industri pulp dan kertas di Indonesia mencapai 90 unit [1].

Setiap proses pada industri pulp dan kertas menghasilkan limbah cair yang diolah dalam instalasi pengolah air limbah (IPAL). Dimana limbah cair tersebut semakin lama mengendap dan menjadi lumpur (*sludge*). Limbah tersebut dapat mencapai 1-3% dari berat produk untuk industri pulp dan kertas terpadu. Sedangkan untuk industri kertas dengan bahan baku

pulp, limbah yang dihasilkan dapat mencapai 0,6–0,7% dari berat produk [2].

Industri pulp dan kertas merupakan salah satu jenis industri terbesar di dunia yang menghasilkan 178 juta ton pulp, 278 juta ton kertas dan karton, dan menghabiskan 670 juta ton kayu. Pertumbuhannya dalam dekade berikutnya diperkirakan antara 2–3,5% per tahun sehingga membutuhkan suplai kenaikan kayu log yang dihasilkan dari lahan hutan seluas 1 hingga 2 juta hektar setiap tahun [3]. Berdasarkan data ini, jumlah total limbah pulp yang terjadi terhitung mencapai 1,78–5,34 juta ton, sedangkan untuk limbah kertas sekitar 1,67–1,94 juta ton setiap tahunnya.

Berdasarkan data jumlah limbah tersebut, pencemaran lingkungan yang serius akan timbul bila tidak dilakukan penanganan limbah yang tepat. Limbah tersebut berbentuk lumpur yang terdiri atas serat-serat kayu, kapur dan air yang disebut *sludge*. Bahan tersebut merupakan limbah yang mengandung bahan lignoselulosa. Oleh karena itu hal ini akan menarik dan sangat berguna untuk diteliti dan dimanfaatkan menjadi papan komposit sebagai alternatif lain bahan baku industri yang dapat dijadikan produk panel. Limbah industri pulp dan kertas yang selama ini belum diperhatikan potensi kandungan selulosa dalam limbahnya yang dapat dimanfaatkan untuk dijadikan papan serat.

Produksi papan serat dari limbah-limbah produksi kayu merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah kelangkaan kayu saat ini, baik sebagai bahan baku papan struktural (papan konstruksi) maupun non-struktural (interior dan pelapis). Produk komposit tersebut dapat berupa papan partikel, papan serat, OSB, *comply*, WPC dan produk komposit lainnya.

Asetat anhidrida merupakan bahan kimia yang berperan baik dalam modifikasi kimia selulosa. Asetat anhidrida dapat membentuk gugus asetil yang stabil menggantikan gugus hidroksil yang terdapat dalam selulosa.

Pemanfaatan *sludge* menjadi papan serat berkerapatan sedang/*medium density fiberboard* (MDF) menggunakan asetat anhidrida untuk memodifikasi selulosa *sludge* yang berguna untuk meningkatkan sifat fisik, mekanik dan ketahanannya. Dengan kata lain, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisik, mekanik, dan ketahanan MDF dari *sludge* terasetilasi. Penelitian ini berguna untuk menciptakan alternatif bahan baku lain pembuatan MDF bagi industri produk panel dengan memanfaatkan *sludge* sebagai bentuk kepedulian terhadap lingkungan serta untuk menciptakan nilai tambah *sludge*.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Agustus 2009 sampai dengan Januari 2010. Penelitian dilaksanakan di

Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian dan Laboratorium Kimia Polimer Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara. Pengujian sifat mekanis dilakukan di Laboratorium Keteknikan Kayu Institut Pertanian Bogor.

Peralatan utama yang digunakan adalah saringan 20 mesh, plastik transparan ukuran 3 kg, *disintegrator* sebagai pengaduk, mesin kempa, oven, kaliper, *band saw*, plat besi sebagai *frame*. Bahan yang digunakan adalah limbah pulp (*sludge*) dari PT. Pindo Deli Mandiri (PDM), Deli Tua Medan, perekat isosianat, dan asetat anhidrida sebagai bahan kimia untuk modifikasi kimia serat.

**Penanganan bahan baku.** *Sludge* diambil dari PT. PDM Deli Tua Medan. Jenis papan serat yang akan dibuat adalah MDF, yaitu papan serat dengan kerapatan sedang (0,35–0,80 g/cm<sup>3</sup>). Bahan baku yang dibutuhkan sekitar 400–500 g serat *sludge* untuk pembuatan satu unit papan serat dengan ukuran 25 cm x 20 cm x 1 cm. *Sludge* diperoleh dari kolam penampungan limbah yang disedot dan diambil secara manual dari kolam.

**Proses repulping dan pencucian.** *Sludge* dimasukkan ke dalam alat *disintegrator* (pengaduk dan pemisah serat) dan ditambahkan air sampai *sludge* tenggelam sepenuhnya. Campuran ini kemudian diaduk selama 20–25 menit. Hal ini dilakukan untuk mencuci *sludge* agar serat-serat terpisah dari kandungan kapur dan kotoran lainnya sehingga hanya serat *sludge* yang diperoleh utuh.

**Penyaringan dan pengeringan serat.** Serat *sludge* yang diperoleh, disaring dengan menggunakan saringan 40 mesh agar terpisah dari kapur dan air, kemudian dikeringkan dengan pengeringan alami hingga kadar airnya mencapai 5–8%.

**Perendaman *sludge* ke dalam asetat anhidrida.** *Sludge* direndam ke dalam asetat anhidrida pada konsentrasi 0%, 3%, 5%, dan 7% selama 48 jam. Asetilasi dimaksudkan untuk mengurangi daya serap air dengan cara mengganti gugus OH dengan gugus asetil [4].

**Pencampuran perekat.** Setelah serat kering dari perlakuan sebelumnya, dilakukan pencampuran serat *sludge* dengan perekat isosianat. Pencampuran perekat dilakukan dengan metode pengadukan.

**Pembuatan MDF.** Pembuatan MDF ini dilakukan dengan proses kering (*dry process*), yaitu dengan menggunakan pengempaan panas (*hot press*). Setelah bahan baku dicampur perekat, dilakukan pengempaan (*pressing*) dengan menggunakan kempa panas (*hot press*) dengan suhu 170 °C dan tekanan 45 Pa selama 25 menit. Ukuran papan yang akan dibuat adalah 25 cm x 20 cm x 1 cm dengan kerapatan target 0,8 g/cm<sup>3</sup>. Setelah itu, dilakukan pengkondisian: papan yang telah dikeluarkan dari kempa panas dibiarkan dalam plat

selama 24 jam agar papan serat yang dihasilkan tidak melengkung. Kemudian dilakukan pengkondisian kembali selama 2 hari untuk mendapatkan papan serat yang berkualitas tinggi.

**Pengujian.** Pengujian yang dilakukan terhadap sampel MDF meliputi pengujian sifat fisik (kerapatan, kadar air, daya serap air dan pengembangan tebal), mekanik (keteguhan lentur, keteguhan patah, keteguhan rekat, dan kuat pegang sekrup) yang mengaju pada standar pengujian Japan Industrial Standard (JIS) 5905-2003 [5] untuk papan serat berkerapatan sedang. Selanjutnya dilakukan pengujian ketahanan terhadap serangan rayap yang mengacu pada SNI 01-7207-2006 [6].

**Analisis data.** Analisis data dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian asetat anhidrida dalam jumlah konsentrasi yang berbeda, yaitu 0%, 3%, 5%, dan 7% masing-masing sebanyak 3 kali ulangan terhadap sifat fisik, mekanik dan ketahanan MDF. Jika pemberian asetat anhidrida dengan jumlah konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh terhadap sifat fisik, mekanik dan ketahanan MDF, maka dilakukan uji lanjutan dengan analisis Duncan's *multiple range test* (DMRT) [7] untuk mengetahui jumlah konsentrasi yang paling berpengaruh terhadap sifat fisik, mekanik dan ketahanan MDF.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**Pengujian Sifat Fisik.** Sifat fisik yang diuji pada sampel MDF yang dihasilkan adalah kerapatan, kadar air (KA), dan daya serap air (DSA) selama 2 jam dan 24 jam, serta pengembangan tebal (PT) selama 2 jam dan 24 jam. Pengujian sifat fisik berguna untuk mengetahui karakteristik dan kualitas fisik dari sampel MDF yang dihasilkan.

Nilai rata-rata hasil pengujian sifat fisis tersebut dibandingkan dengan standar JIS A 5905-2003 (Tabel 1) untuk mengetahui kualitas sifat fisik yang dihasilkan sesuai dengan standar yang diacu.

**Tabel 1. Nilai Sifat Fisik dan Mekanik Papan Serat (Fiberboard) Standar JIS A 5905-2003**

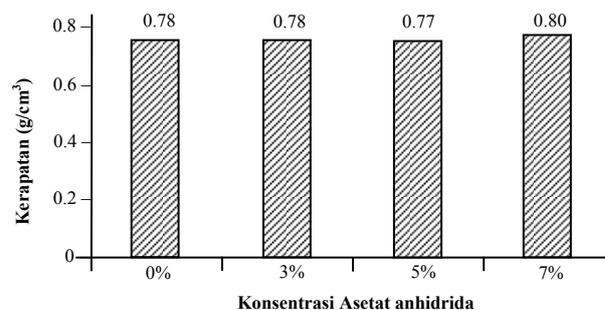
Sifat Fisis dan Mekanis	JIS A 5905-2003
Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	0,35–0,8
Kadar air (%)	5–13
Daya serap air (%)	-
Pengembangan tebal (%)	≤17 %
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	Min 306
MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )	Min 25500
Internal bond (kgf/cm <sup>2</sup> )	Min 5,1
Kuat pegang sekrup (kgf)	Min 50,98
Linear expansion (%)	-
Kekerasan (N)	-

**Kerapatan.** Pengujian kerapatan merupakan salah satu pengujian sifat fisik yang menunjukkan perbandingan antara massa benda terhadap volumenya pada kadar air kesetimbangan. Kerapatan papan serat berfungsi untuk menentukan kelas papan serat apakah termasuk kedalam kelas kerapatan rendah (*low density fiberboard*), kerapatan sedang (*medium density fiberboard*) atau kerapatan tinggi (*high density fiberboard*). Hasil rata-rata pengujian kerapatan MDF berkisar 0,77–0,80 g/cm<sup>3</sup> (Gambar 1). Kisaran nilai tersebut telah memenuhi nilai standar JIS A 5905-2003 (0,35–0,80 g/cm<sup>3</sup>). Nilai kerapatan yang paling tinggi ditunjukkan oleh sampel MDF dengan asetilasi 7% sebesar 0,8 g/cm<sup>3</sup>.

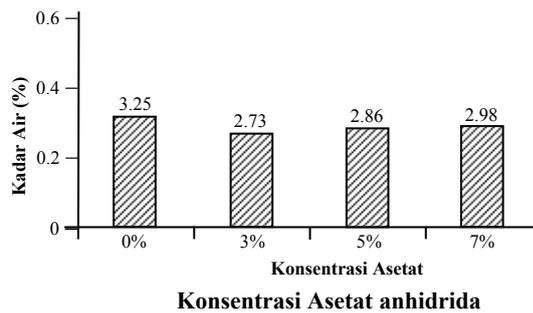
Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi asetat anhidrida (0%, 3%, 5%, dan 7%) pada sampel MDF tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kerapatan sampel MDF tersebut. Hal ini disebabkan pemberian asetat anhidrida pada sampel MDF tidak berfungsi untuk meningkatkan nilai kerapatannya. Asetat anhidrida hanya mengubah gugus hidroksil (-OH) yang terdapat pada selulosa serat menjadi gugus asetil (-O-C(=O)-CH<sub>3</sub>) [8].

Nilai kerapatan dipengaruhi oleh tebal dinding sel, kadar air dan proses perekatan [9]. Peningkatan kerapatan juga disebabkan terjadinya pemadatan sirekat akibat pengempaan sewaktu pembuatan MDF. Namun pada MDF yang dihasilkan peningkatan kerapatan yang terjadi dikarenakan oleh kandungan kalsium karbonat pada *sludge* yang menambah massa MDF sehingga kerapatannya meningkat. *Sludge* memiliki kandungan material inorganik seperti lumpur kaolin dan kalsium karbonat yang tidak dapat hilang seluruhnya dengan sekali pencucian [10].

**Kadar air.** Hasil perhitungan terhadap uji kadar air MDF menunjukkan bahwa kadar air rata-rata dari masing-masing sampel berkisar antara 2,73–3,25% (Gambar 2). Kadar air yang paling tinggi ditunjukkan oleh sampel MDF dengan konsentrasi asetat anhidrida 0% dengan nilai 3,25%. Nilai kadar air tersebut berada di bawah standar JIS A 5905-2003 sebesar 5–13%.

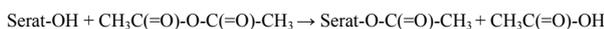


**Gambar 1. Kerapatan MDF berdasarkan Konsentrasi Asetat anhidrida yang Berbeda-beda**



Gambar 2. Kadar Air MDF berdasarkan Konsentrasi Asetat anhidrida yang Berbeda-beda

Proses asetilasi pada kayu menghasilkan pergantian gugus hidroksil (-OH) oleh gugus asetil sehingga kayu asetilasi lebih kering dan memiliki kadar air yang rendah. Reaksi yang terjadi antara serat dan asetat anhidrida adalah sebagai berikut [4]:



Serat *sludge* yang diberi perlakuan asetat anhidrida menghasilkan serat terasetilasi dan asam asetat. Serat yang terasetilasi disebabkan karena terjadinya pergantian gugus -OH pada serat oleh gugus asetil. Serat yang tidak memiliki gugus -OH akan sulit berikatan dengan air. Hal inilah yang menyebabkan kadar air MDF rendah.

Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai kadar air sampel MDF dengan konsentrasi asetat anhidrida 3%, 5% dan 7% yang lebih rendah dibandingkan nilai kadar air sampel MDF dengan konsentrasi 0% (Gambar 2). Pemberian asetat anhidrida pada sampel MDF dapat mengurangi kadar air sampel tersebut dibandingkan dengan sampel MDF yang tidak diberi asetat anhidrida.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian asetat anhidrida dengan konsentrasi yang berbeda-beda pada MDF memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan nilai kadar air MDF. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan nilai kadar air sampel MDF konsentrasi 7% yang lebih tinggi dibandingkan nilai kadar air sampel MDF dengan konsentrasi 3% dan 5%. Semakin banyak asetat anhidrida ditambahkan pada selumbar kayu (*flakes*), maka semakin besar penambahan berat selumbar kayu dan semakin menurun kadar air selumbar kayu tersebut [11]. Ikatan yang terjadi antara kayu dengan asetat anhidrida menyebabkan naiknya bobot kayu dan berkurangnya gugus OH sehingga ikatan dengan air (H<sub>2</sub>O) semakin berkurang.

Hasil uji lanjutan DMRT menunjukkan bahwa sampel MDF dengan konsentrasi asetat anhidrida 0% berbeda nyata dengan konsentrasi 3% dan 5% tetapi tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 7%. Berdasarkan data

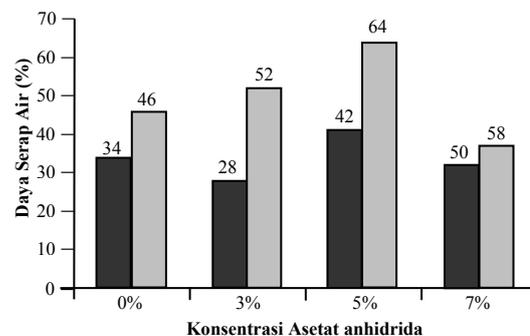
ini, pemberian konsentrasi asetat anhidrida 3% sangat baik direkomendasikan karena memiliki kadar air yang paling rendah.

**Daya serap air (DSA).** Hasil rata-rata pengujian daya serap air selama 2 jam sampel MDF berkisar 28–50%, dan untuk pengujian daya serap air selama 24 jam berkisar 46–64% (Gambar 3). Penyerapan air yang paling tinggi selama 2 jam ditunjukkan oleh sampel MDF dengan konsentrasi asetat anhidrida 7% sebesar 50%.

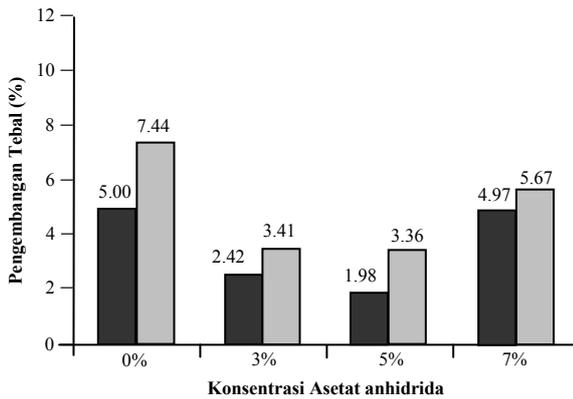
Nilai DSA selama 24 jam menunjukkan peningkatan penyerapan tertinggi oleh sampel MDF konsentrasi 5% dengan nilai 64% dibandingkan sampel MDF lainnya. Secara keseluruhan, nilai rata-rata pengujian DSA sampel MDF yang dihasilkan menunjukkan penyerapan air yang tinggi. Papan komposit berbahan baku *sludge* cenderung memiliki daya serap air yang tinggi. Penelitian menunjukkan papan serat berbahan *sludge* memiliki DSA yang tinggi, yaitu papan kontrol sebesar 71,2%, sedangkan dengan perlakuan MAPP (*maleat anhidrida polypropylene*) menghasilkan nilai DSA papan sekitar 55,2–67,5% [12].

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi asetat anhidrida yang berbeda-beda pada MDF tidak memberikan pengaruh terhadap nilai daya serap air MDF tersebut. Hal ini karena di dalam *sludge* masih terdapat kalsium karbonat yang menyerap air. Asetat anhidrida hanya dapat menurunkan penyerapan air oleh serat, tetapi tidak dapat menurunkan penyerapan air oleh kalsium karbonat tersebut sehingga daya serap air sampel MDF menjadi lebih tinggi. Penyerapan air yang tinggi ditandai dengan penambahan berat sampel MDF yang dihasilkan. Pengujian DSA untuk MDF tidak dipersyaratkan pada JIS A 5905-2003.

**Pengembangan tebal.** Hasil pengujian pengembangan tebal sampel MDF selama 2 jam berkisar antara 1,98–5%. Pengujian pengembangan tebal selama 24 jam berkisar antara 3,36–7,44% (Gambar 4). Nilai pengembangan tebal selama 2 jam dan 24 jam yang paling tinggi ditunjukkan oleh sampel MDF dengan



Gambar 3. Daya Serap Air MDF pada Kurun Waktu 2 jam (■), 24 jam (□) Berdasarkan Konsentrasi Asetat anhidrida yang Berbeda



**Gambar 4. Pengembangan Tebal MDF pada Kurun Waktu 2 jam (■), 24 jam (□) berdasarkan Konsentrasi Asetat anhidrida yang Berbeda**

konsentrasi asetat anhidrida 0% dan nilai terendah ditunjukkan oleh sampel MDF konsentrasi 5%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, sampel MDF yang diuji telah memenuhi standar JIS A 5905-2003 dengan nilai standar pengembangan tebal  $\leq 17\%$ . Secara keseluruhan nilai pengembangan tebal sampel MDF berbahan baku *sludge* tidak terlalu tinggi.

Bila dibandingkan dengan papan semen yang dibuat dari *sludge*, nilai pengembangan tebal hasil penelitian ini lebih baik dari nilai pengembangan tebal papan semen sebesar 7,9% [13]. Dengan kata lain, papan yang dihasilkan dari penelitian ini mempunyai kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan papan semen dengan bahan baku yang sama.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi asetat anhidrida yang berbeda pada MDF tidak mempengaruhi nilai pengembangan tebal MDF tersebut. Hal ini disebabkan karena *sludge* yang merupakan bahan baku MDF sudah sangat baik nilai pengembangannya. Hal ini dapat dilihat dari nilai sampel MDF kontrol yang rendah sehingga pemberian asetat anhidrida tidak terlalu mempengaruhi penurunan nilai pengembangan tebalnya. Namun masih dapat dilihat bahwa perbedaan nilai pengembangan tebal MDF kontrol lebih tinggi dibandingkan sampel MDF yang diberi asetat anhidrida.

**Pengujian Sifat Mekanik.** Sifat mekanis yang diuji pada sampel MDF yang dihasilkan adalah keteguhan lentur (*modulus of elasticity*), keteguhan patah (*modulus of rupture*), keteguhan rekat (*internal bond*), dan kuat pegang sekrup. Pengujian sifat mekanik ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan kemampuan MDF, yang dihasilkan untuk penggunaan struktural.

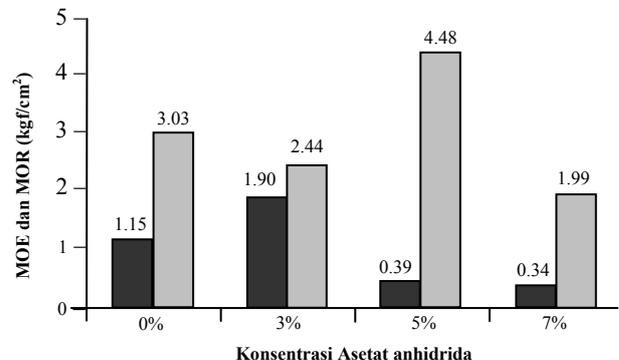
**MOE (*Modulus of Elasticity*) dan MOR (*Modulus of Rupture*).** MOE merupakan sifat mekanis papan yang menunjukkan kemampuan papan dalam menahan beban

sampai batas proporsi yang sering disebut keteguhan lentur. Hasil pengujian keteguhan lentur MDF yang dihasilkan berkisar antara 0,34–1,90 kgf/cm<sup>2</sup> yang menunjukkan bahwa kekuatan lentur papan yang dihasilkan sangat rendah dengan membandingkan nilai standar JIS A 5905-2003 untuk pengujian MOE, yaitu  $255 \times 10^2$  kgf/cm<sup>2</sup>.

Pengujian MOR adalah untuk mengetahui tingkat kekuatan papan dalam menahan beban yang terhadap papan tersebut hingga patah atau disebut keteguhan patah. Hasil pengujian MOR sampel bekerja MDF (Gambar 5) menunjukkan rata-rata MOR yang dihasilkan berkisar antara 1,99–4,48 kgf/cm<sup>2</sup>. Angka tersebut menunjukkan bahwa nilai MOR sampel MDF tidak memenuhi standar JIS A 5905-2003 dengan nilai yang disyaratkan 306 kgf/cm<sup>2</sup>. Hal ini berhubungan dengan bahan yang digunakan untuk membuat MDF, yaitu *sludge* yang berasal dari limbah pabrik kertas dimana ukuran serat-seratnya pendek dan mudah hancur karena telah digunakan sebelumnya.

*Sludge* yang memiliki panjang serat yang pendek dan mudah hancur tersebut menyebabkan sifat kekakuan dan kekuatannya menurun. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa panjang rata-rata serat *sludge* 894,6  $\mu$ m, diameter serat 22,33  $\mu$ m, diameter lumen 8,97  $\mu$ m, dan tebal dinding seratnya 6,68  $\mu$ m. Klasifikasi serat panjang berkisar antara 2000–3000  $\mu$ m, serat sedang berkisar antara 1000–2000  $\mu$ m, dan untuk serat pendek berkisar antara 100–1000  $\mu$ m [14-15].

Nilai kekuatan MOE dan MOR yang rendah pada sampel MDF yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh kandungan yang terdapat pada *sludge* tersebut, yaitu kalsium karbonat. Material inorganik tersebut tidak dapat hilang seluruhnya dengan sekali pencucian. Pada tahap pencucian *sludge*, kalsium karbonat tidak tercuci secara sempurna dan serat *sludge* yang dihasilkan bukan serat-serat kayu seutuhnya sehingga kandungan lignoselulosanya juga sedikit. Hal tersebut mempengaruhi proses perekatan antar serat dimana serat tidak dapat



**Gambar 5. MOE (■) dan MOR (□), MDF berdasarkan Konsentrasi Asetat anhidrida yang Berbeda**

terjalin (tidak saling mengikat). Oleh karena itu kekuatan lentur dan patah MDF yang dihasilkan sangat rendah.

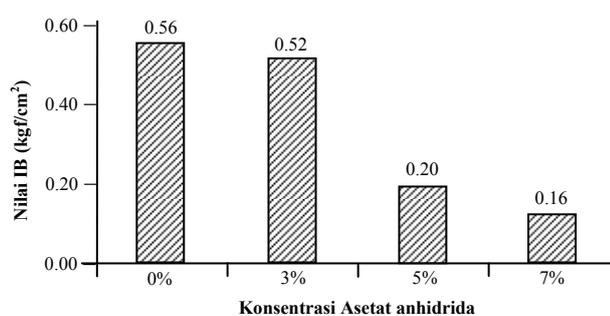
Namun nilai MOE dan MOR pada sampel MDF yang dihasilkan masih memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan penelitian-penelitian papan komposit berbahan baku *sludge* sebelumnya. Penelitian sebelumnya menyatakan terdapat penurunan MOR papan serat plastik dari *sludge*. Nilai MOR papan yang dihasilkan dengan perlakuan MAPP (*maleat anhidrida polypropylene*) sekitar 3,21–3,91 kgf/cm<sup>2</sup> dan papan kontrol adalah 4,59 kgf/cm<sup>2</sup> [12].

Rendahnya nilai MOR tersebut disebabkan karena miskinnya ikatan lignoselulosa *sludge* sehingga saat dibentuk menjadi papan, serat-serat *sludge* tidak saling mengikat. Selain itu, hal ini juga disebabkan oleh proses perekatan pada permukaan papan yang tidak baik. Bila dibandingkan dengan penelitian pembuatan papan semen dari *sludge*, papan semen berbahan baku *sludge* mempunyai nilai sifat mekanik yang rendah dimana nilai MOR papan yang dihasilkan berkisar antara 1,8–2,54 kgf/cm<sup>2</sup> [13].

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh pemberian asetat anhidrida dengan konsentrasi yang berbeda-beda terhadap nilai MOE dan MOR sampel MDF yang dihasilkan.

**IB (Internal Bond).** *Internal bond* merupakan salah satu sifat mekanik dari bahan struktural yang menunjukkan besarnya nilai daya rekat antara perekat dan *sludge* yang dipadukan. Hasil rata-rata pengujian IB sampel MDF berkisar antara 0,16–0,56 kgf/cm<sup>2</sup>. Nilai IB yang paling rendah ditunjukkan oleh sampel MDF konsentrasi 5% dan 7%, sedangkan untuk nilai IB tertinggi ditunjukkan sampel MDF konsentrasi 0% sebesar 0,56 kgf/cm<sup>2</sup> (Gambar 6).

Seluruh sampel MDF tidak memenuhi standar JIS A 5905-2003 dimana nilai standar IB yang disyaratkan adalah  $\geq 5,1$  kgf/cm<sup>2</sup>. Hasil pengujian IB sampel MDF yang tidak memenuhi standar disebabkan oleh kalsium



Gambar 6. *Internal Bond* MDF berdasarkan Konsentrasi Asetat anhidrida yang Berbeda-beda

karbonat yang terkandung pada serat *sludge*. Kalsium karbonat tersebut mengendap dan membatu sehingga menghambat terjalinnya ikatan antar serat *sludge*.

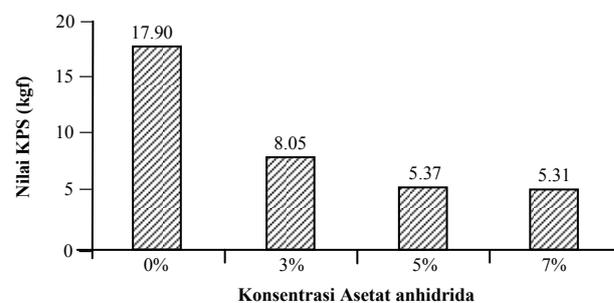
Nilai IB sampel MDF yang rendah juga dipengaruhi oleh proses perekatan isosianat dengan serat-serat *sludge*. Proses pencampuran perekat dengan *sludge* dilakukan dengan pengadukan secara manual (dengan tangan) dimana terdapat kemungkinan penyebaran perekat yang tidak merata ke seluruh serat-serat *sludge* dan dapat menyebabkan kekuatan rekat MDF yang dihasilkan sangat rendah.

Penelitian tentang papan serat plastik berbahan *sludge* menunjukkan nilai IB dengan perlakuan MAPP adalah 0,056 kgf/cm<sup>2</sup> sedangkan untuk kontrol adalah 0,040 kgf/cm<sup>2</sup> [12]. Nilai IB yang sangat rendah tersebut dikarenakan rendahnya kandungan lignoselulosa *sludge* dan proses perekatan pada permukaan papan serat plastik yang tidak baik sehingga ikatan antar serat tidak terjalin.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian asetat anhidrida dengan konsentrasi yang berbeda-beda tidak memberikan pengaruh terhadap nilai IB sampel MDF yang dihasilkan karena pada dasarnya asetat anhidrida tidak ditujukan untuk meningkatkan keteguhan rekat MDF yang dihasilkan tersebut.

**Kuat pegang sekrup.** Nilai pengujian kuat pegang sekrup yang diperoleh rata-rata sampel MDF 5,31–17,90 kgf (Gambar 7). Nilai standar JIS A 5905-2003 adalah  $\leq 50,98$  kgf. Jika dibandingkan nilai standar dengan hasil pengujian KPS yang telah dilakukan, maka seluruh sampel MDF tidak memenuhi standar yang ditetapkan.

Hasil pengujian KPS ini sejalan dengan hasil pengujian MOE, MOR, dan IB sebelumnya dimana kekuatan MDF yang dihasilkan sangat rendah akibat kalsium karbonat yang terkandung pada *sludge* menghalangi terjalinnya ikatan antar serat *sludge*. Akibatnya, kekuatan untuk menahan sekrup yang disambungkan pada sampel MDF sangat rendah karena ikatan antar serat tidak terjalin kuat. MDF tetap memiliki kelemahan



Gambar 7. Kuat Pegang Sekrup MDF berdasarkan Konsentrasi Asetat anhidrida yang Berbeda-beda

yang sama dengan jenis papan yang lain, yaitu sekrup kurang kuat pada sisi tebal, perekat tidak bekerja secara efektif pada permukaan dan tidak mengikat paku sekuat kayu solid [16].

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh pemberian asetat anhidrida dengan konsentrasi yang berbeda-beda terhadap nilai kuat pegang sekrup sampel MDF yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena asetat anhidrida tidak berfungsi untuk meningkatkan nilai kuat pegang sekrup MDF tersebut.

**Pengujian ketahanan terhadap serangan rayap.** Hasil pengujian pengumpanan rayap menunjukkan bahwa tidak ada perubahan berat sampel MDF sebelum dan sesudah dilakukan pengumpanan rayap. Artinya, persen kehilangan berat adalah sebesar 0%. Rayap yang diumpan telah mati seluruhnya dalam jangka waktu 3 hari pengamatan.

Berdasarkan persen kehilangan berat, sampel MDF yang dihasilkan termasuk dalam Kelas I berdasarkan SNI 01-7207-2006 tentang uji ketahanan kayu dan produk kayu terhadap organisme perusak kayu (Tabel 2). Kehilangan berat merupakan persentase berat sampel MDF yang dimakan oleh rayap tanah yang diumpankan dan merupakan salah satu parameter dalam pengujian sifat anti rayap terhadap bahan kimia beracun [17].

Sampel MDF yang diumpankan tidak mengalami penurunan berat dari berat awalnya. Artinya serangan rayap pada sampel MDF sangat sedikit atau bahkan tidak ada sama sekali. Hal ini dapat disebabkan oleh pola makan rayap yang terganggu karena tertekan dengan makanan yang tidak disukai rayap menyebabkan rayap tidak memakan sampel MDF dan tidak terjadi kehilangan berat pada sampel MDF seluruhnya.

Aktivitas makan rayap secara umum dipengaruhi oleh ketersediaan dan tingkat kesukaan rayap terhadap sumber makanan dan lingkungan. Rayap merupakan serangga pemakan kayu atau bahan-bahan yang mengandung selulosa [18]. Mortalitas rayap merupakan salah satu indikator dalam penentuan keaktifan bahan beracun dalam hal ini asetat anhidrida yang terdapat pada MDF. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemberian asetat anhidrida pada MDF dapat membunuh

**Tabel 2. Klasifikasi Ketahanan Kayu terhadap Rayap Tanah berdasarkan Penurunan Berat**

Kelas	Ketahanan	Penurunan berat (%)
I	Sangat tahan	<3,52
II	Tahan	3,52- 7,50
III	Sedang	7,30-10,96
IV	Buruk	10,96-18,94
V	Sangat buruk	18,94-31,89

**Tabel 3. Mortalitas Rayap pada Pengumpanan MDF**

Hari ke-	konsentrasi Asetat anhidrida			
	0%	3%	5%	7%
1	51	59	67	69
2	33	33	27	27
3	12	8	6	4

rayap secara efektif dibandingkan MDF yang tidak diberi asetat anhidrida. Mortalitas rayap tanah terendah terjadi pada sampel MDF 0% dan tertinggi pada sampel MDF konsentrasi 7% (Tabel 3).

Kematian rayap tersebut disebabkan oleh adanya asetat anhidrida yang bersifat racun sehingga rayap teracuni oleh asetat anhidrida tersebut. Asetat anhidrida berfungsi sebagai pengawet kayu sehingga mampu menahan serangan serangga dan jamur [4,19]. Posisi tubuh rayap yang mati menempel pada sampel MDF. Hal ini menunjukkan bahwa rayap pada mulanya mendekati sampel MDF dan mati saat memakan MDF. Kematian rayap tersebut juga disebabkan oleh jenis bahan baku MDF, yaitu *sludge* yang masih memiliki kandungan zat kimia seperti lumpur kaolin dan kalsium karbonat yang merupakan bahan inorganik yang tidak dapat tercuci secara sempurna.

#### 4. Simpulan

Hasil pengujian sifat fisik sampel MDF yang dihasilkan seluruhnya memenuhi standar JIS A 5905-2003. Namun, hasil pengujian sifat mekanik seluruh sampel MDF tidak memenuhi standar yang diacu. Pemberian asetat anhidrida dengan konsentrasi yang berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai sifat fisik MDF yang dihasilkan kecuali terhadap kadar air. Pemberian asetat anhidrida dengan konsentrasi yang berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai sifat mekanik MDF yang dihasilkan seluruhnya. Hasil pengujian ketahanan menunjukkan bahwa sampel MDF yang diberi umpan rayap tanah termasuk dalam kelas I, yaitu sangat tahan berdasarkan SNI 01-7207-2006 tentang uji ketahanan kayu dan produk kayu terhadap rayap.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Depdiknas atas biaya penelitian ini melalui Hibah Penelitian Kerjasama Perguruan Tinggi (Pekerti) Tahun 2010 dengan kontrak Nomor: 2288/H5.1.R/KEU/2010 tanggal 21 April 2010.

#### Daftar Acuan

- [1] S. Lisman, S. Dwi, Analisa Konsumsi Kayu Nasional, <http://www.rimbawan.com>, 2009.

- [2] Syamsudin, P. Sri, R. Ike, *Berita Selulosa* 42/2 (2007) 67.
- [3] P. Arisandi, *Minimalisasi Limbah dalam Industri Pulp dan Paper*, Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah, <http://www.ecoton.or.id>, 2009.
- [4] R. Rowell, *Chemical Modification of Wood: A Journey from Analytical Technique to Commercial Reality*, Forest Products Laboratory and University of Wisconsin, Madison, WI USA, 2004, p.524.
- [5] *Fiberboard*, JIS A 5905-2003, Japan, 2003.
- [6] *Uji Ketahanan Kayu dan Produk Kayu terhadap Rayap*, SNI, Indonesia, 2006, 01-7207-2006.
- [7] A.A. Mattjik, I.M. Sumertajaya, *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi Sas dan Minitab*, Jilid 1 Edisi kedua, IPB Press, Bogor, 2002, p.56.
- [8] P. Mingzhu, L. Hailan, Z. Dinggou, *Front. For. China*, 2/2 (2007) 237.
- [9] J.L. Bowyer, R. Shmulsky, J.G. Haygreen, *Forest Product and Wood Science an Introduction*, 4<sup>th</sup> Ed., Iowa State Press A Blackwell Publ., Iowa, USA, 2003, p.213.
- [10] A. Taramian, K. Doosthoseini, S.A. Mirshokraii, M. Faezipour, *J. Waste Manage* 27/12 (2007) 1739.
- [11] Y.S Hadi, *Daya Tahan Papan Partikel Rendaman Air Panas dan Asetilasi terhadap Perusak Kayu Secara Biologis*, IPB, <http://web.ipb.ac.id>, 2010.
- [12] B.H. Lee, *J. Ind. Eng. Chem.* 8/1 (2002) 50.
- [13] O.P. Folorunso, B.U. Anyata, *J. App. Sci.* 2/5 (2007) 548.
- [14] S.I. Tarigan, *Undergraduate Thesis*, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Universitas Sumatera Utara, Indonesia, 2009.
- [15] J.F. Hunt, A. Ahmed, K. Friedrich, *For. Prod. J.* 58/6 (2008) 82.
- [16] *Semua Tentang Kayu*, Medium Density Fibreboard (MDF), <http://www.tentangkayu.com>, 2009.
- [17] W. Syafii, *J. Teknol. Hasil Hutan* 13/2 (2000) 1.
- [18] D. Nandika, R. Yudi, D. Farah, *Rayap: Biologi dan Pengendaliannya*, Muhammadiyah University Press, Surakarta, 2003, p.67.
- [19] Y. Kojima, H. Norita, S. Suzuki, *For. Prod. J.* 59/5 (2009) 35.