

MATERI EDUKASI
PEMANFAATAN LIMBAH
PAPAN PARTIKEL DARI SERAT
KOTORAN GAJAH



Oleh
Bagian Edukasi

TAMAN SAFARI INDONESIA II
PRIGEN, PASURUAN, JAWA TIMUR

2014

KATA PENGANTAR

Gajah Sumatera dikenal sebagai mamalia darat terbesar di Indonesia dan banyak dijumpai di lembaga konservasi ek-situ, termasuk Taman Safari Indonesia II. Sebagai mamalia darat terbesar, ternyata feces atau kotoran yang dihasilkan oleh satwa ini juga sangat banyak. Karena potensi limbah kotoran gajah yang banyak di TSI II, bahan ini dipilih sebagai obyek penelitian untuk bisa dimanfaatkan. Sebelumnya kotoran gajah diketahui dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kertas. Di TSI I, Bogor dan TSI III, Bali pembuatan kertas dari kotoran gajah ini telah dilakukan dan hasil produksinya sudah bisa dikomersilkan. Karakteristik kotoran gajah yang khas memiliki potensi untuk pemanfaatan yang lain sehingga TSI II berusaha membuat inovasi baru menggunakan material ini. Hasilnya, untuk pertama kali di dunia, sebuah papan partikel dari serat kotoran gajah berhasil dibuat.

Pelaksanaan riset pembuatan papan partikel dari serat kotoran gajah ini terselenggara atas kerjasama dengan Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada yang telah memfasilitasi pembuatan dan analisis papan partikel ini. Hasil riset ini sebagai studi awal pemanfaatan diharapkan bisa mengawali program pengolahan kotoran gajah menjadi papan partikel di TSI II.

Pasuruan, Desember 2014

Tim Edukasi

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	1
KATA PENGANTAR	2
DAFTAR ISI	3
INTISARI	4
ABSTRACT	5
BAB I PENDAHULUAN	
A. LATAR BELAKANG	6
B. RUMUSAN MASALAH	6
C. TUJUAN	7
BAB II METODE PENELITIAN	
A. TEMPAT DAN WAKTU	8
B. BAHAN DAN ALAT PEMBUATAN PAPAN	8
C. LANGKAH-LANGKAH PEMBUATAN PAPAN	8
D. DATA DAN ANALISIS	9
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. KONDISI FISIK PAPAN PARTIKEL	11
B. KESTABILAN DIMENSI PAPAN PARTIKEL	12
C. SIFAT MEKANIKA PAPAN PARTIKEL	13
D. PENGGUNAAN DAN NILAI EDUKASI PAPAN PARTIKEL KOTORAN GAJAH	15
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
A. KESIMPULAN	16
B. SARAN	16
DAFTAR PUSTAKA	17
LAMPIRAN	18

PAPAN PARTIKEL DARI SERAT KOTORAN GAJAH

Intisari

Agus Sudibyo Jati, S. Hut.¹; Dr. Ragil Widyorini²; Prof. TA. Prayitno²

Gajah Sumatera adalah salah satu jenis satwa yang banyak dijumpai di penangkaran. Sebagai mamalia darat terbesar di Indonesia, satwa ini juga memproduksi kotoran dalam jumlah banyak. Taman Safari Indonesia (TSI) II memiliki jumlah koleksi gajah yang banyak, sehingga jumlah kotoran gajah yang harus dikelola oleh TSI II juga banyak. Karena pada dasarnya berupa selulosa, kotoran gajah bisa diolah menjadi papan partikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi dan metode pembuatan papan partikel dari serat kotoran gajah yang paling bagus dan mengkaji penggunaan serta nilai edukasinya.

Untuk menjawab tujuan-tujuan tersebut, dibuat papan partikel menggunakan serat kotoran gajah dengan kombinasi antara: kerapatan partikel 0,4 atau 0,8 kg/cm³, jenis perekat PVAc atau Asam Sitrat, dan jumlah perekat 5% atau 10%. Pengempaan papan dilakukan pada suhu 180°C dengan tekanan 3,5 MPa selama 15 menit. Masing-masing kombinasi diuji dan dianalisis untuk mengetahui nilai keteguhan rekat internal (IB), pengembangan tebal (TS), penyerapan air (WA), modulus patah (MOR), dan modulus elastisitas (MOR). Hasil analisis dibandingkan dengan nilai standar pada Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908.

Papan partikel kotoran gajah yang paling bagus dan memenuhi sebagian besar standar yang diujikan adalah papan dengan kerapatan 0,8 kg/cm³ dan menggunakan perekat Asam Sitrat sebanyak 10%. Papan tersebut memiliki nilai edukasi tinggi karena merupakan hasil daur ulang limbah dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Penggunaan papan yang berhubungan dengan air harus dihindari.

Kata kunci : papan partikel, kotoran gajah, PVAc, Asam Sitrat, TSI II

1. Taman Safari Indonesia (TSI) II

2. Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada

PARTICLE BOARD OF ELEPHANT DUNG

Abstract

Agus Sudibyo Jati, S. Hut.¹; Dr. Ragil Widyorini²; Prof. TA. Prayitno²

Sumatran Elephant is common to be found in captivity. As the largest land mammal in Indonesia, this animal also produces a lot of dung. Taman Safari Indonesia (TSI) II have many elephants as one of their collections, so number of elephant dung that should be maintained is also numerous. Basically elephant dung is cellulose, so it can be processed to make particle board. This research objectives are to find out the best method and composition to make particle board out of elephant dung and to assess its utilization and educational value.

To get those objectives, particle boards were made out of elephant dung with combination between: 0.4 or 0.8 kg/cm³ of particle density, PVAc or Acid Citric as binder material, and 5 or 10% of binder material amount. Board pressing were done in 15 minutes with 3.5 MPa in pressure and 180°C in temperature. Each combination was tested and analyzed to get its internal bounding (IB), Thickness swelling (TS), water absorption (WA), modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOR). The results were compared to the Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908.

The best composition of elephant dung particle board which is also meet most of the standard is the one with 0.8 kg/cm³ in density with 10% of Acid Citric as its binder material. This particle board has a high educational value because it is a product of recycled waste and safe for the environment. However utilization which can make this particle board in contact with water should be avoided.

Keywords : particle board, elephant dung, PVAc, Acid Citric, TSI II

1. Taman Safari Indonesia II

2. Faculty of Forestry, Universitas Gadjah Mada

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Gajah Sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) merupakan mamalia darat terbesar di Indonesia yang banyak dijumpai di penangkaran atau lembaga konservasi. Taman Safari Indonesia (TSI) II, Prigen, Pasuruan, Jawa Timur adalah salah satu lembaga konservasi di Indonesia yang memiliki Gajah Sumatera sebagai salah satu koleksinya.

Sebagai mamalia darat terbesar, gajah juga mengkonsumsi rumput dan jenis tanaman yang lain sampai sebanyak 200 kg perhari. Selain itu satu ekor gajah juga bisa menghasilkan kotoran sebanyak 110 kg per hari (Farah *et al*, 2014), sehingga dengan jumlah gajah lebih dari 20 ekor, limbah satwa berupa kotoran gajah yang dihasilkan di TSI II sangat banyak, bisa mencapai sekitar 60 ton perbulan. Hal ini mengharuskan TSI II untuk mengelola limbah kotoran gajah ini dengan baik.

Saat ini kotoran gajah di TSI II telah dimanfaatkan sebagai pupuk dan bahan pembuatan kompos. Karena sifat kotorannya yang masih mengandung banyak serat tumbuhan yang dimakannya, kotoran gajah ini juga telah dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kertas yang memiliki nilai jual tinggi di TSI I, Cisarua, Bogor dan TSI III (Bali Safari and Marine Park), Gianyar, Bali.

Karena masih mengandung banyak serat rumput yang pada dasarnya adalah selulosa (Farah *et al*, 2014), kotoran gajah ini masih bisa dimanfaatkan lagi sebagai bahan baku untuk membuat bahan/ kerajinan yang lain. Salah satu bahan yang bisa diolah dari serat kotoran gajah ini adalah papan partikel. Papan partikel adalah papan buatan yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan selulosa lainnya yang diikat dengan perekat organik dengan bahan penolong lainnya dan dengan bantuan tekanan dan panas dalam waktu tertentu (Haygreen & Bowyer, 1989 dan Kollmann *et al*, 1975 dalam Satiti, 2011). Pembuatan papan partikel dari serat kotoran gajah bisa menjadi salah satu alternatif pemanfaatan kembali limbah kotoran gajah yang juga menjadi barang dengan nilai jual tinggi.

B. RUMUSAN MASALAH

Melihat karakteristik dari kotoran gajah tersebut, pembuatan papan partikel dari serat kotoran gajah sangat dimungkinkan. Tetapi komposisi bahan yang diperlukan dan

kualitas dari papan yang dihasilkan masih belum diketahui karena sebelumnya belum pernah dibuat papan partikel dari serat kotoran gajah. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui metode pembuatan dan kualitas papan partikel dari kotoran gajah sebagai pertimbangan untuk pengembangan selanjutnya.

C. TUJUAN

1. Mengetahui komposisi bahan dan metode pembuatan papan partikel dari serat kotoran gajah yang paling bagus
2. Mengetahui alternatif pemanfaatan limbah kotoran gajah di TSI II
3. Menambah nilai edukasi dan ekonomi dari limbah kotoran gajah di TSI II

BAB II

METODE PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU

Pembuatan contoh uji dan pengujian dilakukan di Laboratorium Papan Komposit, Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Pelaksanaan penelitian dilakukan dari bulan Agustus sampai Desember 2014.

B. BAHAN DAN ALAT PEMBUATAN PAPAN

Bahan dasar yang digunakan untuk membuat papan partikel ini adalah serat kotoran gajah dari TSI II yang sudah dicuci bersih dan dikering-anginkan. Sedangkan bahan perekat yang digunakan adalah *Poly Vinyl Acetate* (PVAc) dan Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$). PVAc dalam kehidupan sehari lebih dikenal sebagai lem putih yang banyak dijual di toko-toko bangunan, sementara Asam Sitrat adalah bahan campuran makanan yang bisa ditemukan di toko bahan makanan atau toko kimia. Untuk mengencerkan bahan perekat digunakan Aquades.

Alat-alat yang digunakan untuk membuat papan partikel ini antara lain Grinder untuk menyeragamkan ukuran partikel, timbangan digital untuk menimbang partikel dan bahan perekat, gelas ukur dan pengaduk untuk mengencerkan bahan perekat, kompor listrik untuk memanaskan Asam Sitrat, kaliper untuk mengukur tebal papan, dan perlengkapan untuk pengempaan: Alat kempa, penyangga, lempengan besi, kertas aluminium, citakan papan.

C. LANGKAH-LANGKAH PEMBUATAN PAPAN

Papan partikel dari serat kotoran gajah dibuat dengan delapan perlakuan dengan masing-masing perlakuan sebanyak tiga ulangan. Komposisi masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi papan partikel pada masing-masing perlakuan

No	Kerapatan (kg/cm^3)	Jenis Perekat	Jumlah Perekat (%)	Jumlah Ulangan
1	0,4	PVAc	5	3
2			10	3
3		Asam Sitrat	5	3

4			10	3
5	0,8	PVAc	5	3
6			10	3
7		Asam Sitrat	5	3
8			10	3
Jumlah total				24

Tahap pembuatan papan partikel dijelaskan sebagai berikut:

- a. Kotoran gajah dicuci sehingga hanya tersisa seratnya saja, kemudian dikeringkan dengan cara dijemur
- b. Serat kotoran gajah dalam keadaan sudah bersih dan kering digrinder dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang homogen dan lolos saring 10 mesh.
- c. Serat kotoran gajah dikering udarakan selama beberapa hari sampai kondisi stabil.
- d. Partikel kotoran gajah ditimbang sesuai dengan target kerapatan yaitu 0,4 dan 0,8 kg/cm³.
- e. Larutan perekat dibuat sebagai berikut:
 - a. Asam Sitrat yang berbentuk Kristal ditimbang sesuai dengan jumlah perekat yang ditentukan (5% dan 10%). Asam Sitrat dilarutkan dengan aquades untuk mendapatkan konsentrasi larutan 60%. Pembuatan larutan Asam Sitrat dilakukan dengan pemanasan di atas kompor listrik pada suhu 50°C. Larutan kemudian didinginkan sebelum digunakan.
 - b. PVAc ditimbang sesuai dengan jumlah perekat yang ditentukan (5% dan 10%). PVAc kemudian dilarutkan dengan aquades tanpa proses pemanasan untuk mendapatkan konsentrasi 50%.
- f. Larutan perekat dan partikel kotoran gajah dicampur sesuai dengan komposisi yang sudah ditentukan. Sebelum dicampur, partikel dijemur di bawah sinar matahari selama 30 menit untuk menstabilkan kadar airnya.
- g. Partikel ditebar pada citakan. Dalam penelitian ini citakan yang digunakan berukuran 25 x 25 cm.
- h. Partikel dikempa pada suhu 180 °C selama 15 menit dengan tekanan 3,5 MPa dan penyangga 1 cm.
- i. Setelah proses pengempaan, papan partikel dikering-udarakan selama beberapa hari sampai kondisi stabil.

D. DATA DAN ANALISIS

Untuk mengetahui komposisi papan yang terbaik dilakukan pengujian berdasarkan *Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908* papan partikel. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kestabilan dimensi, uji tarik, dan uji patah. Nilai pengujian untuk masing-masing ulangan dari setiap komposisi papan dirata-rata dan dibandingkan dengan nilai standar pada JIS A 5908 Tipe 8. Analisis data dilakukan secara deskriptif.

1. UJI KESTABILAN DIMENSI

Uji kestabilan dimensi dilakukan dengan cara merendam sampel papan partikel di dalam air selama 24 jam. Uji ini dilakukan untuk mengetahui nilai pengembangan

tebal atau TS (Thickness Swelling) dan penyerapan air atau WA (Water Absorption). Pengembangan tebal adalah persentase perubahan tebal papan sesudah dan sebelum direndam, sedangkan penyerapan air adalah persentase berat papan setelah dan sebelum perendaman. Berat dan tebal sampel papan sebelum dan sesudah perendaman diukur dan dihitung nilai TS dan WA-nya. Nilai standar untuk TS adalah 12%

2. UJI TARIK

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui nilai keteguhan rekat atau IB (Internal Bounding). Menggunakan alat uji khusus, sampel uji ditarik kedua sisi permukaannya sampai lepas. Energi yang digunakan untuk menarik sampel sampai lepas ini adalah nilai IB (N/mm^2). Nilai standar IB adalah $0,15 \text{ N/mm}^2$

3. UJI PATAH

Uji patah dilakukan untuk mencari nilai modulus patah atau MOR (Modulus of Rupture) dan modulus elastisitas atau MOE (Modulus of Elasticity). Dengan alat uji khusus, sampel papan di letakkan pada penyangga dan diberi tekanan di tengahnya sampai patah. Energi yang diperlukan untuk menekan papan hingga patah adalah MOR (N/mm^2) sedangkan energi yang masih mampu diterima papan untuk mempertahankan elastisitasnya adalah MOR (N/mm^2). Nilai standar untuk MOR adalah 8 N/mm^2 dan MOE adalah 2 GPa.

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. KONDISI FISIK PAPAN PARTIKEL

Dari hasil pembuatan papan partikel kotoran gajah untuk pengujian, kerapatan aktual dari sampel uji adalah sebagai berikut

Target kerapatan, kg/cm ³	Kerapatan aktual, kg/cm ³
0,4	0,354 – 0,460
0,8	0,698 – 0,879

Variasi tingkat kerapatan ini bisa terjadi karena adanya perbedaan kadar air dari partikel kotoran gajah sebelum dikempa. Kadar air rata-rata dari partikel kotoran gajah sebelum di campur dengan perekat adalah 18,054%. Kadar air yang berlebihan dari serat kotoran gajah ini bisa mengakibatkan proses perekatan partikel menjadi tidak sempurna (delaminasi) dan bisa meledak saat proses pengempaan.

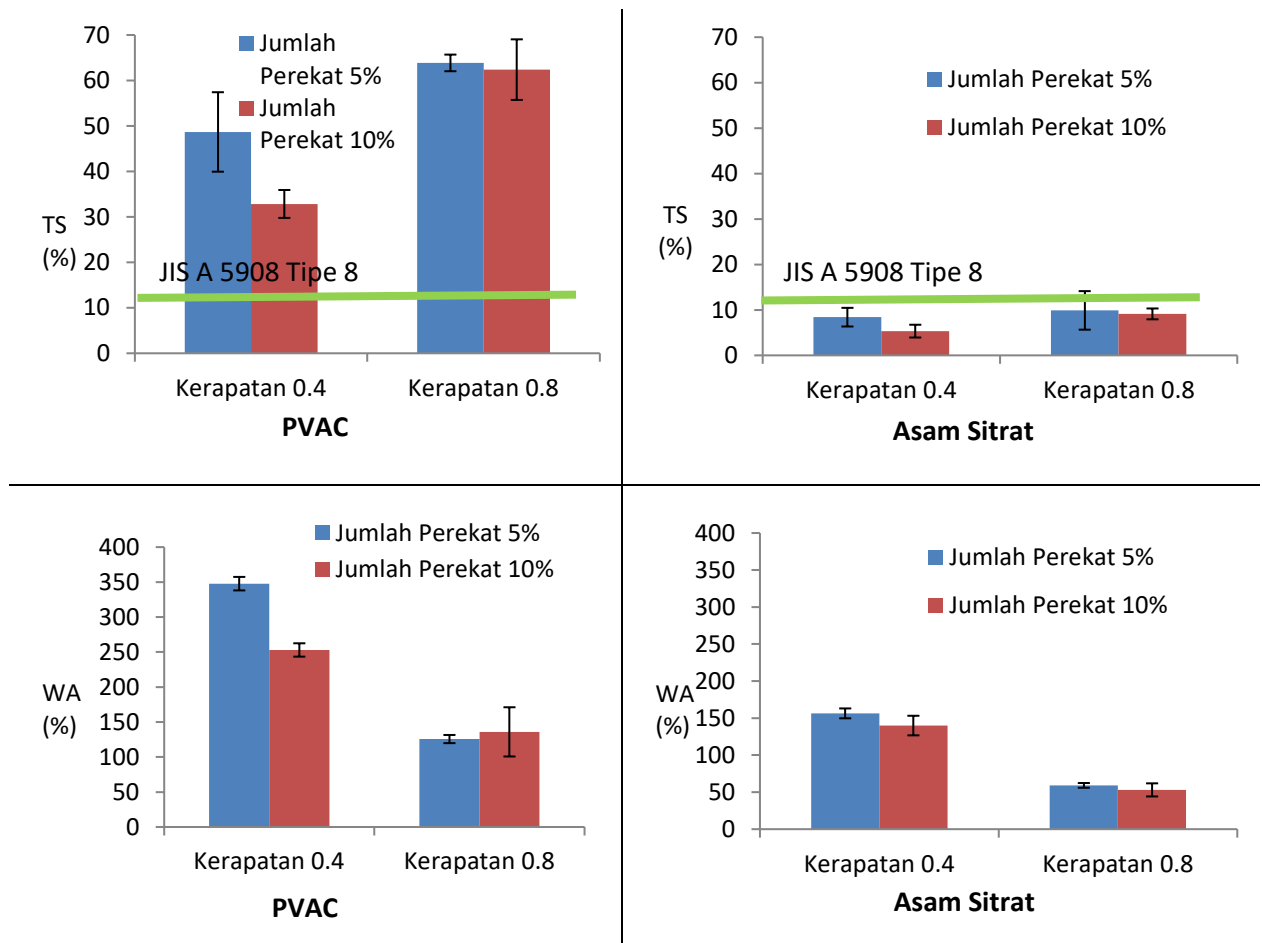
Secara visual papan partikel yang menggunakan perekat Asam Sitrat memiliki warna yang lebih gelap dan kadang terdapat motif bercak kehitaman. Motif bercak ini sebenarnya adalah partikel yang menggumpal ketika pencampuran perekat dan menjadi berwarna kehitaman ketika proses pengempaan dengan panas. Papan partikel yang menggunakan perekat PVAc memiliki warna yang lebih terang dan cenderung homogen. Tidak terdapat bercak-bercak seperti papan yang menggunakan Asam Sitrat karena bahan perekat PVAc berwarna putih sehingga tidak terlihat meskipun terdapat gumpalan.



Gambar 1. Perbandingan warna papan partikel kotoran gajah yang menggunakan perekat Asam Sitrat (kiri) dan PVAc (kanan)

B. KESTABILAN DIMENSI PAPAN PARTIKEL

Kestabilan dimensi papan partikel kotoran gajah dapat dilihat dari nilai pengembangan tebal (TS) dan penyerapan air (WA). Nilai tersebut diperoleh setelah perendaman contoh uji dalam air pada suhu ruangan selama 24 jam. Hasil pengujian nilai TS dan WA untuk masing-masing komposisi dapat dilihat pada Gambar 2.



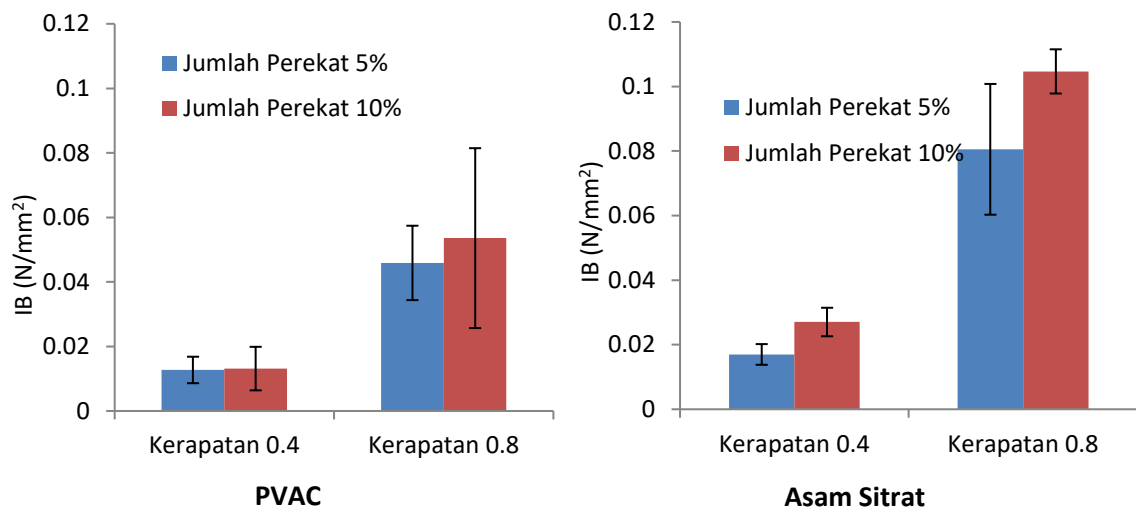
Gambar 2. Diagram batang nilai TS dan WA untuk masing-masing komposisi papan partikel kotoran gajah

Dari Gambar 2 terlihat bahwa nilai TS dan WA untuk jenis perekat PVAc jauh lebih besar dibandingkan dengan Asam Sitrat. Pengembangan tebal papan partikel yang menggunakan PVAc jauh melebihi batas standar dalam JIS A 5908 Tipe 8 yaitu 12%, sementara pada jenis bahan perekat Asam Sitrat pengembangannya masih dibawah 12%. Tidak ada standar nilai WA pada JIS A 5908, tetapi dengan melihat nilai WA bisa dilihat kekuatan ikatan partikelnya. Penyerapan air yang besar berpotensi merusak ikatan partikel, sehingga nilai WA yang diharapkan adalah nilai yang kecil. Dari hasil pengujian ini sangat jelas terlihat bahwa papan partikel yang menggunakan perekat

Asam Sitrat memiliki nilai kestabilan dimensi yang lebih bagus dibandingkan dengan PVAc.

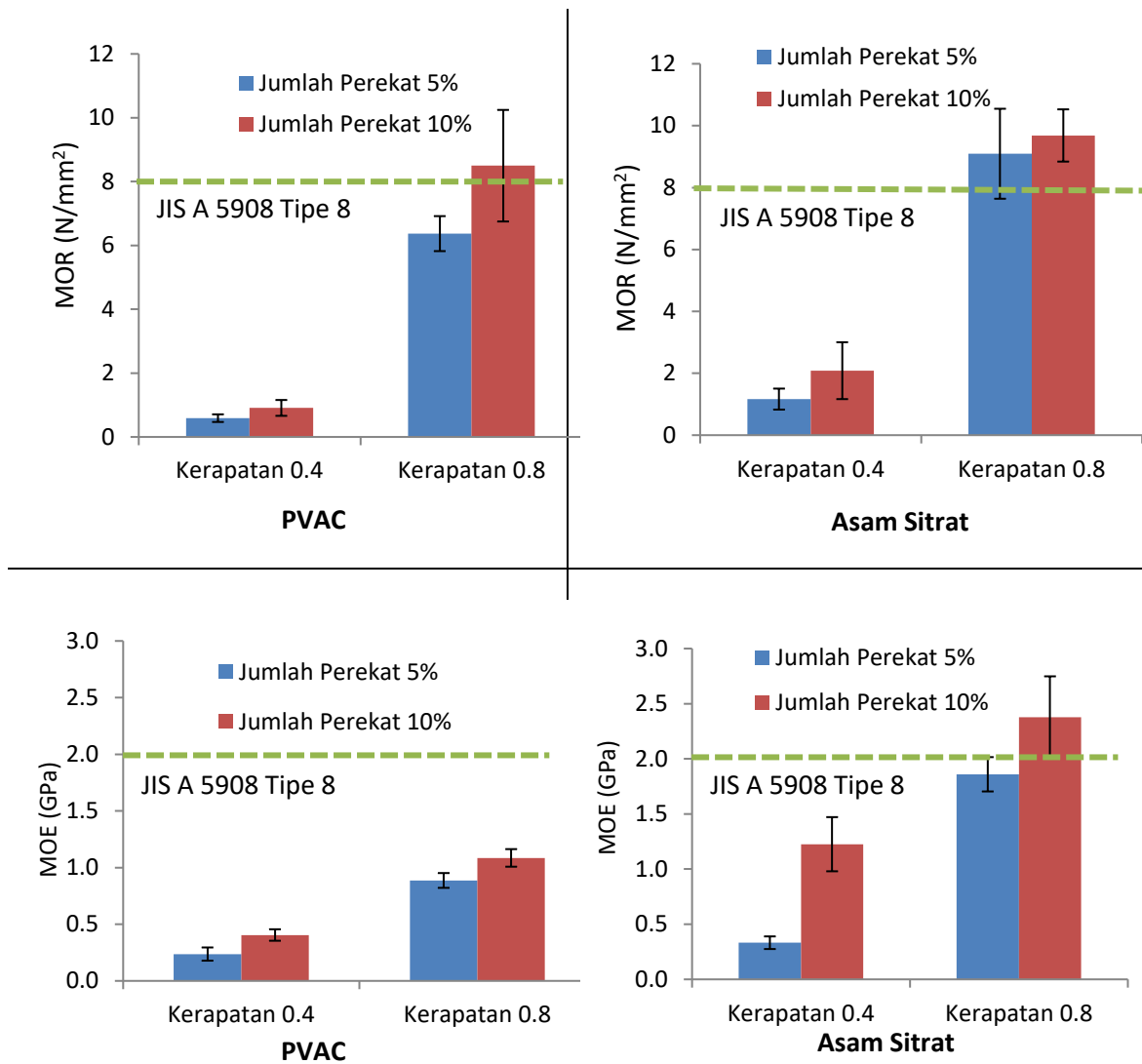
C. SIFAT MEKANIKA PAPAN PARTIKEL

Sifat mekanika yang diuji dalam penelitian ini adalah nilai keteguhan rekat internal (IB), modulus patah (MOR) dan modulus elastisitas (MOE). Nilai IB dapat dilihat pada Gambar 3, sementara nilai MOR dan MOE dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Diagram batang nilai IB pada masing-masing komposisi papan partikel

Berdasarkan Gambar 3 bisa terlihat bahwa nilai IB pada papan partikel yang menggunakan perekat Asam Sitrat lebih besar dibandingkan PVAc. Untuk Asam Sitrat sendiri, papan dengan kerapatan 0,8 memiliki nilai IB yang lebih besar dibandingkan dengan kerapatan 0,4 dan yang menggunakan jumlah perekat 10% memiliki keteguhan rekat internal yang lebih besar. Karena nilai IB yang kecil, papan yang menggunakan PVAc apabila diraba akan ada partikel serat yang rontok. Apabila dibandingkan dengan standar IB pada JIS A 5908, semua komposisi papan partikel yang diuji belum ada yang memenuhi standar. Standar IB pada JIS A 5908 Tipe 8 adalah $0,15\text{N/mm}^2$, dan semua komposisi papan nilai IB-nya masih di bawah angka tersebut. Nilai IB bisa ditingkatkan dengan menambah konsentrasi perekat, sehingga penambahan jumlah perekat bisa meningkatkan kualitas papan.



Gambar 4. Diagram batang nilai MOR dan MOE pada masing-masing komposisi papan partikel

Untuk nilai modulus patah, komposisi papan partikel yang paling bagus adalah papan dengan kerapatan 0,8 kg/cm³ dengan perekat Asam Sitrat sebanyak 10%. Apabila melihat Gambar 4, terlihat bahwa papan dengan kerapatan 0,8 yang menggunakan Asam Sitrat sudah memenuhi standar JIS A 5908 Tipe 8, sementara untuk papan yang menggunakan PVAc yang memenuhi standar adalah pada kerapatan 0,8 dengan jumlah perekat 10%. Untuk nilai MOE, secara umum papan yang menggunakan Asam Sitrat memiliki nilai yang lebih bagus, tetapi hanya satu komposisi saja yang memenuhi standar yaitu papan dengan kerapatan 0,8 kg/cm³ dengan jumlah perekat sebanyak 10%.

D. PENGGUNAAN DAN NILAI EDUKASI PAPAN PARTIKEL KOTORAN GAJAH

Berdasarkan sifat fisika dan mekanika yang diuji, komposisi papan partikel dari serat kotoran gajah yang paling bagus adalah papan partikel dengan kerapatan 0,8 kg/cm³ dengan perekat Asam Sitrat (C₆H₈O₇) sebanyak 10%. Papan tersebut juga telah memenuhi sebagian besar standar sifat fisik dan mekanika yang diujikan berdasarkan JIS A 5908 Tipe 8, sehingga papan tersebut sudah bisa digunakan sebagai bahan dasar berbagai keperluan. Karena teksturnya yang unik, papan ini juga bisa dimanfaatkan sebagai bahan dekorasi. Untuk penggunaan di TSI II, papan ini bisa diolah dan dijual sebagai souvenir khas TSI II. Namun karena sifatnya yang tidak tahan air, penggunaan yang sekiranya akan berhubungan dengan air harus dihindari. Apabila papan ini akan digunakan untuk sesuatu yang mungkin terkena air, seperti lantai atau penggunaan di luar ruangan, perlu dilakukan *coating* atau perlakuan tambahan untuk membuatnya menjadi tahan air.

Bahan baku papan pada umumnya adalah kayu yang semakin lama semakin susah di dapat. Penggunaan kayu juga identik dengan kerusakan hutan dan lingkungan. Papan yang terbuat dari serat kotoran gajah ini memiliki nilai edukasi yang tinggi karena bisa menjadi salah satu bahan alternatif pengganti kayu dan ramah lingkungan. Asam Sitrat yang dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang lebih bagus sebagai bahan perekatnya juga adalah bahan organik yang secara alami bisa dijumpai di berbagai jenis tumbuhan, misalnya jeruk, sehingga papan partikel serat kotoran gajah yang menggunakan Asam Sitrat tidak beracun dan ramah lingkungan.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Berdasarkan sifat fisika dan mekanika yang diuji, komposisi papan partikel dari serat kotoran gajah yang paling bagus adalah papan partikel dengan kerapatan $0,8 \text{ kg/cm}^3$ dengan perekat Asam Sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) sebanyak 10%. Papan tersebut dikempa selama 15 menit dengan suhu 180°C pada tekanan 3,5 MPa.
2. Papan partikel kotoran gajah dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk membuat berbagai barang dan kerajinan yang tidak berhubungan dengan air.
3. Papan partikel dari serat kotoran gajah memiliki nilai edukasi tinggi karena merupakan hasil daur ulang limbah dan terbuat dari bahan-bahan organik yang tidak berbahaya.

B. SARAN

1. Segera dibuat instalasi untuk produksi papan partikel kotoran gajah di TSI II. Papan partikel dari serat kotoran gajah ini adalah yang pertama kali dibuat di dunia, sehingga dengan dibuatnya instalasi produksi tersebut, TSI II bisa mengajukan hak paten terhadap produksinya.
2. Dilakukan riset lanjutan untuk meningkatkan kualitas papan partikel dari serat kotoran gajah.
3. Dilanjutkan kerjasama dengan Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, UGM, Yogyakarta sebagai tim ahli untuk riset dan pembuatan instalasi produksi papan partikel kotoran gajah

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2003. *Japanese Industrial Standard A 5908: Particleboards*. Japanese Standards Association, Tokyo.
- Farah, N., Moazzam A., Yaqoob N. and Rehman I. 2014. *Processing of Elephant Dung and its Utilization as a Raw Material for Making Exotic Paper*. Research Journal of Chemical Sciences, Vol. 4(8), 94-103
- Satiti, D. A. 2011. *Karakteristik Papan Partikel Tanpa Perekat Limbah Serbuk Tiga Jenis Kayu Tanpa dan Dengan Perlakuan Perebusan*. Skripsi, Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta. (Tidak diterbitkan)

LAMPIRAN

Foto-foto proses pembuatan papan partikel kotoran gajah



Serat kotoran gajah sebelum dan sesudah digrinder



Proses penggrinderan kotoran gajah



Pembuatan larutan Asam Sitrat memerlukan pemanasan di atas kompor listrik



Pencampuran partikel kotoran gajah dengan bahan perekat



Pembuatan citakan partikel kotoran gajah



Partikel kotoran gajah sebelum dikempa



Proses pengempaan partikel kotoran gajah



Papan partikel setelah dikempa didiamkan sampai stabil