

Potensi Serat Pelepah Nipah Sebagai Bahan Baku *Binderless Fiberboard*

Ari Kristiningsih^{1*}, Khoeruddin Wittriansyah², Radhi Ariawan³

^{1,2}Program Studi Pengembangan Produk Agroindustri, Politeknik Negeri Cilacap

³Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2,3}Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: ari.kristiningsih@pnc.ac.id¹, khoeruddin@pnc.ac.id², radhi.ariawan@pnc.ac.id³

Info Naskah:

Naskah masuk: 10 November 2024

Direvisi: 16 Desember 2024

Diterima: 1 Januari 2025

Abstrak

Fiberboard banyak menggunakan bahan limbah agroindustry yang disatukan dengan perekat sintesis yang mengandung formaldehid. Kelemahan perekat ini adalah dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti kanker dan iritasi pada mata. Lignin mempunyai sifat dan kandungan mirip dengan formaldehid yang dapat digunakan sebagai perekat alami Nipah mempunyai kandungan lignin dan selulosa yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi *binderless fiberboard*. Tujuan dari penelitian ini adalah dengan menganalisis potensi serat pelepah nipah untuk dibuat *binderless fiberboard* dengan menggunakan metode *hot press*. Karakteristik *fiberboard* yang akan dianalisis meliputi densitas dan kadar air. *Binderless fiberboard* pelepah nipah dibuat dengan menggunakan mesin press dengan tekanan 50 bar, suhu 100°C selama 20 menit. Densitas antara 0,46-0,52 gram/cm³ yang telah sesuai dengan syarat SNI 03-2105-2006 dan kadar air 5,98% - 7,70% juga telah sesuai dengan persyaratan JIS 5908: 2003 dan SNI 03-2105-2006. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pelepah nipah dapat dijadikan sebagai bahan baku *binderless fiberboard*.

Keywords:

binderless;
fiberboard;
hot press;
nipah.

Abstract

Fiberboard uses a lot of agro-industry waste materials combined with synthetic adhesives containing formaldehyde. The weakness of this adhesive is that it can cause health problems such as cancer and eye irritation. Lignin has properties and content similar to formaldehyde. Nipah has lignin and cellulose content that can be developed into binderless fiberboard. The purpose of this study was to analyze the potential of Nipah frond fiber to make a binderless fiberboard. The characteristics of fiberboard that will be explored include density and water content. Nipah frond binderless fiberboard is made using a press machine with a pressure of 50 bar, and a temperature of 100°C for 20 minutes. The density between 0.46-0.52 which is by the requirements of SNI 03-2105-2006 and the water content of 5.98% - 7.70% is also by the requirements of JIS 5908: 2003 and SNI 03-2105-2006. Based on these results, it can be concluded that Nipah fronds can be used as raw material for binderless fiberboard.

*Penulis korespondensi:

Ari Kristiningsih

E-mail: ari.kristiningsih@pnc.ac.id

1. Pendahuluan

Kebutuhan manusia terhadap kayu akan meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, tetapi hal ini berbanding terbalik dengan tingkat pertumbuhan pohon. Anerasari dkk.[1] menyatakan bahwa industri pengolahan kayu di Indonesia mengalami kekurangan bahan baku dikarenakan kecepatan pemanfaatan kayu tidak sebanding dengan kecepatan penanaman pohon pengganti kayu. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan sumberdaya alternatif sebagai pengganti kayu, terutama kayu keras yang tingkat pertumbuhannya lambat. Lee dkk. [2] melaporkan bahwa seiring dengan meningkatnya permintaan terhadap bahan bahan kayu berbanding lurus juga dengan meningkatnya permasalahan mengenai lingkungan hidup. Untuk itu diperlukan sebuah alternatif yang bisa menggantikan keberadaan kayu sebagai bahan baku bangunan ataupun bahan *furniture* lainnya. Serat alam non kayu bisa menjadi salah satu alternatif dalam menggantikan kayu keras. Selulosa merupakan biomaterial terbaharukan yang jumlahnya cukup melimpah di bumi yang dapat dibuat menjadi serat alami sebagai bahan baku polimer yang mempunyai sifat mekanik yang tinggi [3].

Serat alam non kayu dapat digunakan sebagai pengganti serat kayu yang memiliki keunggulan waktu panen lebih singkat dibandingkan dengan kayu keras serta mudah untuk dibudidayakan [4]. Papan serat adalah elemen yang terbuat dari serpihan serat kayu atau serat lignoselulosa yang disatukan dengan bahan pengikat sintesis. Pembuatan papan partikel berbahan serat alami telah dikembangkan, bahan yang digunakan banyak memanfaatkan limbah seperti limbah kulit buah pinang dan limbah kayu gergaji [5], serabut kelapa dan pelepah lontar [6], sabut kulit buah nipah [7], sisa jerami gandum [8], sabut kelapa [4], pelepah nipah [9] dan campuran limbah akasia dan kulit kelapa muda [10].

Perekat sintetis yang sering digunakan untuk merekatkan kebanyakan berbahan dasar *formaldehid*, dimana bahan tersebut dapat menyebabkan kanker, iritasi pada mata dan juga gangguan pernafasan [11]. Selain itu *formaldehid* berasal dari turunan minyak bumi yang merupakan sumber daya alam tak terbarukan. Untuk itu diperlukan sebuah alternatif untuk perekat alami dalam pembuatan papan partikel. Penggunaan bahan alami yang telah dikembangkan untuk menggantikan bahan perekat sintesis adalah lignin serta bahan perekat berbasis bio lainnya [12]. Lignin dan tannin yang terdapat pada pelepah nipah telah dikembangkan sebagai bahan perekat alami. Seperti pada penelitian Santoso dkk. dimana papan partikel yang mendekati syarat papan MDF adalah papan partikel tanpa penambahan apapun[13]. Kelebihan bahan perekat yang mengandung *lignoselulosa* adalah sifatnya terbaharukan serta dapat didaur ulang, selain itu tanpa adanya perekat sintesis menjadikan biaya produksi menjadi lebih murah [12]. Ditambahkan oleh Arévalo dan Peijs [3] penggunaan perekat alami didapatkan melalui pelarutan secara selektif kulit serat selulosa yang membentuk fase matriks yang mengikat inti serat selulosa menjadi satu. Selulosa, lignin dan bahan serat lainnya merupakan komponen penyusun tanaman. Lignin mempunyai sifat

tidak larut dalam air dan bertindak sebagai perekat yang menghubungkan antara selulosa dan hemiselulosa [14].

Pohon kelapa dan nipah adalah salah satu tanaman yang mengandung banyak serat selulosa yang cukup potensial untuk dikembangkan menjadi papan partikel. Kandungan selulosa dalam pelepah nipah sebesar 42,22% yang berpotensi untuk dijadikan *pulp* ataupun kertas seni [14]. Penelitian yang telah dilakukan oleh Kruse [15], papan partikel dari pelepah nipah mempunyai karakteristik yang memuaskan untuk keperluan *furniture*. Roliadi dkk. [16], menyatakan bahwa serat pelepah nipah lebih potensial untuk dikembangkan menjadi papan partikel berkepadatan sedang / *Medium Density Fiberboard* dibandingkan dengan serat kelapa berdasarkan sifat fisis dan mekaniknya.

Penggunaan pelepah nipah untuk papan partikel telah dikembangkan oleh beberapa peneliti dengan menggunakan bahan perekat yang berbeda. Roliadi dkk[16] dan Santoso dkk. [9] menggunakan perekat urea *formaldehid*, Widyarini dkk.[17] menggunakan perekat alami sukrosa dan asam sitrat sebagai pengganti *formaldehid*, Santoso dkk.[18] menggunakan perekat alami maltodekstrin, sukrosa dan asam sitrat. Seiring dengan perkembangan teknologi beberapa peneliti telah mengembangkan papan partikel tanpa menggunakan tambahan perekat atau *binderless* seperti pada penelitian Arévalo dan Peijs [3] yang menggunakan serat alami lignoselulosa mikrofibrilasi didapatkan papan partikel dengan sifat mekanik yang baik, Puspaningrum dkk. [4] menggunakan sabut kelapa yang memiliki sifat fisis sudah baik tetapi untuk sifat mekanik masih ditemui beberapa kekuarangan dan Robles dkk. [8] menggunakan sisa jerami gandum.

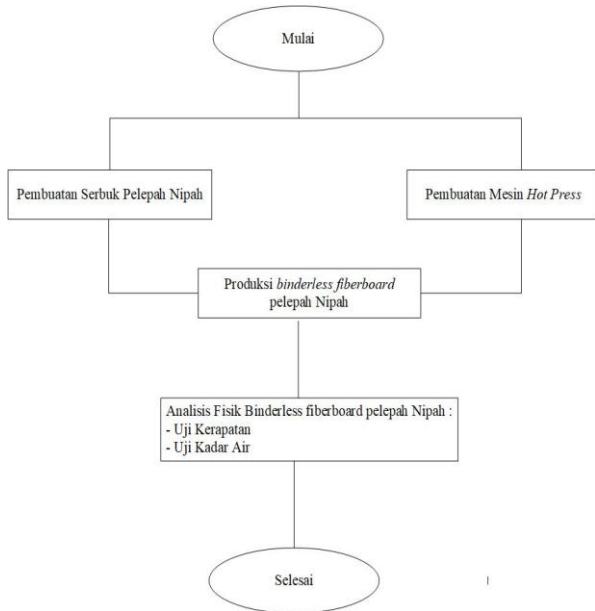
Penggunaan papan partikel tanpa perekat atau *binderless fiberboard* menggunakan lignin sebagai bahan perekatnya. Lignin mempunyai struktur seperti resin *fenol formaldehid* serta mempunyai komponen kimia yang hampir sama sehingga dapat menggantikan *fenol formaldehid* sebagai perekat papan partikel [4]. Melihat potensi tersebut maka peneliti bermaksud untuk melihat potensi pelepah nipah untuk dijadikan papan partikel tanpa perekat (*binderless fiberboard*) dengan menggunakan metode *hot press*.

Kebaharuan dari penelitian ini adalah potensi yang bisa dikembangkan dari serat pelepah nipah yang kaya akan selulosa dan lignin untuk dikembangkan menjadi *binderless fiberboard*. Penelitian sebelumnya telah melakukan pembuatan papan partikel tetapi masih menggunakan tambahan bahan lain sebagai perekat seperti sukrosa dan asam sitrat [9][17] dan maltodektrin, asam sitrat dan sukrosa [18]. Sehingga penelitian ini mencoba untuk membuat papan partikel tanpa menggunakan perekat dengan cara mengaktifkan lignin yang terdapat pada serat pelepah nipah.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini untuk mengetahui potensi pelepah nipah menjadi papan partikel tanpa perekat dilihat dari densitas dan kadar airnya. Hasil akhir yang ingin dicapai adalah papan partikel dengan kerapatan sedang atau yang disebut dengan *Medium Density Fiberboard* (MDF) dengan kerapatan antara 0,4 – 0,9 gram/m³ sesuai dengan standar SNI 03-2105-2006.

2. Metode

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan mulai bulan Agustus – Oktober 2024 di Politeknik Negeri Cilacap. Penelitian ini terdiri dari 4 tahapan yaitu pembuatan mesin *hot press*, persiapan bahan baku, produksi *binderless fiberboard* pelepah nipah, analisis fisik *fiberboard*. Diagram alir penelitian dapat disajikan dengan langkah-langkah pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pembuatan mesin press, produksi dan analisis fisik *binderless fiberboard* bertempat di laboratorium program studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap, persiapan dan pembuatan bahan baku bertempat di laboratorium Analisa Program studi Pengembangan Produk Agroindustri Politeknik Negeri Cilacap. Alat dan bahan yang dibutuhkan selama penelitian adalah sebagai berikut:

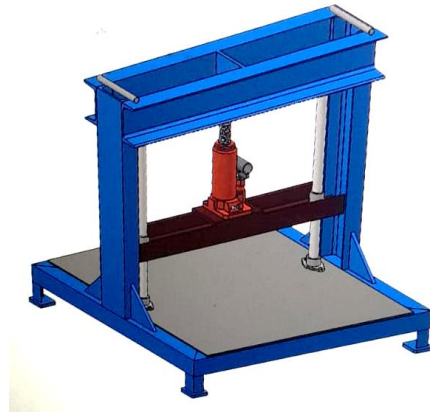
2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain oven, desikator, timbangan analitik, Loyang, wadah *fiber*, almunium foil, jangka sorong, drum blender, *sprayer gun*, gergaji, masker dan sarung tangan. Bahan utama dari penelitian ini adalah serat pelepah nipah. Nipah adalah sejenis tanaman palmae yang hidupnya di sepanjang pesisir aliran sungai [14]. Tanaman nipah banyak terdapat di sepanjang aliran sungai di kabupaten Cilacap. Pemanfaatan nipah sendiri di kabupaten Cilacap belum banyak dimanfaatkan dengan baik. Bahan kimia yang digunakan antara lain hidrogen peroksida, ferro sulfat, paraffin dan air.

2.2 Pembuatan mesin *hot press*

Mesin *hot press* pneumatic dirancang berdasarkan Anerasari dkk [1] yang dimodifikasi. Mesin *hot press* sistem pneumatic merupakan mesin yang dilengkapi dengan sistem kelistrikan yang dapat aktif bersamaan dengan pemanas pada saat proses pencetakan [19]. Komponen yang terdapat pada mesin *hot press* diantaranya ada silinder hidrolik, tabung hidrolik dengan kapasitas

mesin 20 ton. Mesin *hot press* dihubungkan dengan hidrolik untuk memberikan tekanan pada alat pencetak. Pada mesin *hot press* juga akan diberikan kumparan pemanas hingga 400°C. *Design* mesin press yang akan digunakan dalam penelitian tersaji pada gambar 2.



Gambar 2. Mesin *hot press* *fiberboard*

2.3 Persiapan bahan baku

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah pelepah nipah. Pelepah nipah dipotong kecil – kecil dengan ukuran 1 -2 cm kemudian dijemur sampai kering di terik matahari. Pelepah nipah yang telah kering kemudian dihaluskan dengan grinder.

2.4 Produksi *binderless fiberboard*

Pembuatan *fiberboard* berdasarkan penelitian Puspaningrum dkk. [4] yang telah dimodifikasi. Pembuatan papan diawali dengan penimbangan berat serat sesuai dengan bahan untuk mencapai kepadatan MDF. Kemudian serat dimasukan ke dalam *drum blender* untuk kemudian disemprotkan bersamaan dengan hidrogen peroksida (15% dari berat partikel kering). Proses pembuatan *fiberboard* kemudian dilanjutkan dengan penyemprotan ferro sulfat (7,5% volume hidrogen peroksida). Untuk mencegah penyerapan air pada papan partikel ditambahkan paraffin 0,5% yang disemprotkan pada serat pelepah nipah. Serat yang sudah diolah kemudian ditaruh dalam wadah cetakan 10 cm x 10 cm x 10 cm. Setelah papan terbentuk kemudian dilakukan pengepresan dengan menggunakan pemanas selama 20 menit pada suhu 100° C dengan tekanan 50 bar untuk mengikat serat. Pembuatan *binderless fiberboard* juga dilakukan pada serbuk pelepah nipah tanpa menggunakan paraffin dengan perlakuan yang sama. Percobaan dilakukan dengan menggunakan tiga kali ulangan.

2.5 Analisis fisik *binderless fiberboard*

Setelah proses pengkondisian sampel kemudian di potong untuk melakukan pengujian sifat fisik. Pengujian sifat fisik meliputi:

2.5.1 Uji kerapatan

Pada uji ini sampel diukur panjang, lebar dan tebal dalam keadaan kering untuk mengukur volume sampel.

Kerapatan dihitung dengan menggunakan persamaan Maloney (1993):

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Keterangan :

ρ = kerapatan (gram/cm³)

m = berat kering (gram)

v = volume kering udara (cm³)

2.5.2 Uji kadar Air

Penghitungan kadar air papan partikel dihitung dengan menggunakan persamaan (2) Maloney (1993):

$$KA = \frac{BB - BKT}{BKT} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

KA = Kadar air (%)

BB = Berat awal (gram)

BKT = Berat kering (gram)

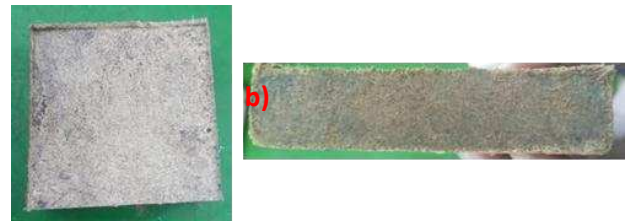
3. Hasil dan Pembahasan

Serbuk pelepah nipah yang telah melalui proses pengeringan dan grinding memiliki warna yang kuning keputihan seperti yang tersaji pada gambar 3.

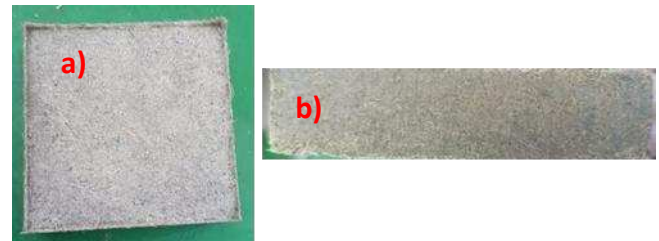


Gambar 3. Serbuk pelepah nipah

Hasil pengepresan serbuk pelepah nipah baik tanpa penambahan paraffin dengan yang menggunakan penambahan paraffin tersaji pada gambar 4 dan gambar 5. Terlihat bahwa papan partikel berbentuk padat walaupun tanpa penambahan bahan perekat. Hal ini karena adanya penambahan hydrogen peroksida dan ferro sulfat pada serbuk pelepah nipah sebelum pengepresan untuk mengaktifkan lignin yang terdapat pada pelepah nipah[4].



Gambar 4. *binderless fiberboard fiberboard* tanpa penambahan paraffin 4a. tampak atas; 4b. tampak samping



Gambar 5. *binderless fiberboard* dengan penambahan paraffin. 5a. tampak atas; 5b. tampak samping

Warna *binderless fiberboard* yang dihasilkan pada penelitian memiliki kemiripan warna dengan hasil penelitian Santoso dkk. (2019) [18] seperti yang tersaji pada gambar 6.



Gambar 6. Papan partikel dari daun nipah yang direkatkan dengan (a) asam sitrat, (b) sukrosa dan (c) maltodekstrin dan perlakuan ekstraksi air panas [18]

Selama proses pengepresan terjadi perubahan terhadap massa, tinggi dan juga densitas serbuk pelepah nipah baik yang menggunakan paraffin maupun yang tidak. Hasil rata – rata perubahan yang pada serbuk pelepah nipah tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Perubahan serbuk pelepah nipah menjadi *Binderless fiberboard*

Parameter	Tanpa penambahan paraffin	Dengan penambahan paraffin
Mo	100 (gram)	100 (gram)
Mi	93.3 (gram)	94 (gram)
To	5.7 cm	5.7 cm
Ti	2.1 cm	1.9 cm
ρ_o	0.18 gram/cm ³	0.18 gram/cm ³
ρ_i	0.46 gram/cm ³	0.52 gram/cm ³

dimana:

Mo : massa sebelum pengepresan
 Mi : massa setelah pengepresan
 To : tinggi sebelum pengepresan
 Ti : tinggi setelah pengepresan
 ρ_i : densitas setelah pengepresan

3.1 Densitas *binderless fiberboard* pelepah nipah

Densitas atau kerapatan digunakan untuk mengetahui kerapatan yang didapat melalui perbandingan antara massa dengan volume. Semakin rendah kerapatan maka kekuatannya akan semakin rendah [1]. Hal ini terlihat saat serbuk pelepah nipah sebelum di prees mempunyai densitas yang rendah sedangkan setelah dilakukan pengepresan, densitasnya menjadi meningkat (Tabel 1).

Densitas serbuk pelepah nipah tanpa penambahan paraffin adalah 0,46 gram/cm³ sedangkan dengan penambahan paraffin 0,52 gram/cm³. *Binderless fiberboard* pelepah nipah hasil penelitian memiliki nilai lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian Roliadi dkk. (2012)[16] yaitu 0,573 gram/cm³ - 0,684 gram/cm³ pada jenis *fiberboard* yang sama yaitu tanpa penambahan zat perekat tambahan.

Densitas serbuk pelepah nipah hasil penelitian telah memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105-2006) yaitu 0,4 – 0,9 gram/cm³. Densitas *binderless fiberboard* pelepah nipah hasil penelitian memiliki 0,46-0,52 gram/cm³

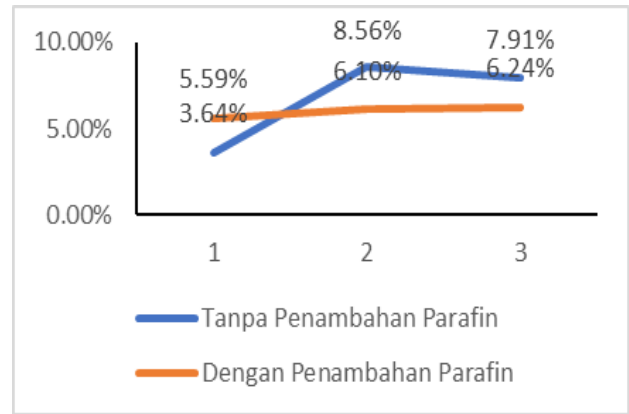
3.2 Kadar air

Kadar air pada *binderless fiberboard* pelepah nipah hasil penelitian tersaji pada tabel 2. Dari tabel terlihat bahwa rata – rata kadar air pada papan partikel tanpa penambahan paraffin 6,70% dan papan partikel dengan penambahan paraffin 5,98 %. Secara umum kadar air *binderless fiberboard* hasil penelitian telah memenuhi standar JIS 5908: 2003 untuk parameter kadar air harus pada range 5-13% dan juga Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105-2006) untuk *fiberboard* maksimal 14%. Semakin tingginya kadar air dipengaruhi oleh densitas *fiberboard*, semakin rendah densitas maka akan banyak rongga – rongga yang kosong sehingga air akan memasuki rongga yang kosong tersebut [1].

Tabel 2. Kadar air *binderless fiberboard* pelepah nipah

Ulangan	Tanpa penambahan paraffin	Dengan penambahan paraffin
1	3.64%	5.59%
2	8.56%	6.10%
3	7.91%	6.24%
Rata - rata	6.70%	5.98%

Berdasarkan tabel 2 grafik kadar air antara *binderless fiberboard* pelepah nipah tanpa penambahan paraffin dengan penambahan paraffin terlihat bahwa yang *binderless fiberboard* pelepah nipah dengan penambahan paraffin memiliki kadar air yang lebih kecil dibandingkan dengan tanpa penambahan paraffin. Hal ini dikarenakan karena sifat paraffin yang mampu menahan penyerapan air.



Gambar 7. Grafik kadar air *binderless fiberboard* pelepah nipah

4. Kesimpulan

Binderless fiberboard hasil penelitian mempunyai densitas antara 0,46-0,52 gram/cm³ yang telah sesuai dengan syarat SNI 03-2105-2006 dan kadar air 5,98% - 7,70% juga telah sesuai dengan persyaratan JIS 5908: 2003 dan SNI 03-2105-2006. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pelepah nipah dapat dijadikan sebagai bahan baku *binderless fiberboard*.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi dan Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Cilacap Penelitian atas pendanaan dengan nomor kontrak 124/PL43 P.01/HK.08/2024 dan semua pihak yang telah membantu pelaksanaan kegiatan ini baik secara langsung ataupun tidak langsung.

Daftar Pustaka

- [1] Anerasari, Mustain, M. Maulana, and R. Suhendra, "Perancangan Alat Press Untuk Fiberboard (Ditinjau Dari Kerapatan Dan Kadar Air)," *J. Has. Penelit. dan Ulas. Ilm.*, vol. 9, no. 01, pp. 41–44, 2018.
- [2] S. H. Lee *et al.*, "Particleboard from agricultural biomass and recycled wood waste: a review," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 20, pp. 4630–4658, 2022, doi: 10.1016/j.jmrt.2022.08.166.
- [3] R. Arévalo and T. Peijs, "Binderless all-cellulose fibreboard from microfibrillated lignocellulosic natural fibres," *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 83, pp. 38–46, 2016, doi: 10.1016/j.compositesa.2015.11.027.
- [4] T. Puspaningrum, Y. H. Haris, I. Sailah, M. Yani, and N. S. Indrasti, "Physical and mechanical properties of binderless medium density fiberboard (MDF) from coconut fiber," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 472, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/472/1/012011.
- [5] A. W. Sari, M. Dirhamsyah, and Y. Indrayani, "Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Berdasarkan Komposisi Limbah Kulit Buah Pinang Dan Limbah Kayu Gergajian Dengan Variasi Kadar Perekat," *J. Hutan Lestari*, vol. 9, no. 2, p. 207, 2021, doi: 10.26418/jhl.v9i2.46787.
- [6] M. L. Said, N. Fuadi, and M. F. Dzikiriansyah, "Karakterisasi Sifat Fisis Papan Partikel Sabut Kelapa-Serat Pelepah Lontar," *J. Fis. , Ter.*, vol. 8, no. 2, pp. 1–12, 2021, doi: 10.24252/jft.v8i1.24814.
- [7] R. Radam, M. A. Soendjoto, H. Rezekiah, and ..., "Pengaruh

- Kerapatan Terhadap Pengembangan Tebal dan Penyerapan Air Papan Partikel dari Sabut Kulit Buah Nipah,” *Pros. Semin. Nas. Teknol. Has. Hutan*, 2018, [Online]. Available: <http://eprints.ulm.ac.id/6006/>
- [8] J. Domínguez-Robles *et al.*, “Development of high-performance binderless fiberboards from wheat straw residue,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 232, p. 117247, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.117247.
- [9] M. Santoso, R. Widyorini, T. A. Prayitno, and J. Sulistyono, “Kualitas Papan Partikel dari Pelepah Nipah dengan Perakas Asam Sitrat dan Sukrosa,” *J. Ilmu Kehutan.*, vol. 10, no. 2, p. 129, 2016, doi: 10.22146/jik.16514.
- [10] R. Anggraini, J. Khabibi, and Y. F. Adelka, “KARAKTERISTIK PAPAN PARTIKEL DARI CAMPURAN LIMBAH AKASIA (*Acacia mangium* Willd.) DAN KULIT KELAPA MUDA (*Cocos nucifera* L.),” *J. Silva Trop.*, vol. 5, no. 1, pp. 366–381, 2021, doi: 10.22437/jsilvtrop.v5i1.12170.
- [11] R. Hashim *et al.*, “Effect of particle geometry on the properties of binderless particleboard manufactured from oil palm trunk,” *Mater. Des.*, vol. 31, no. 9, pp. 4251–4257, 2010, doi: 10.1016/j.matdes.2010.04.012.
- [12] F. Vitrone, D. Ramos, F. Ferrando, and J. Salvadó, “Binderless fiberboards for sustainable construction. Materials, production methods and applications,” *J. Build. Eng.*, vol. 44, no. April, 2021, doi: 10.1016/j.jobbe.2021.102625.
- [13] A. Santoso, “Pemanfaatan Lignin Dan Tanin Sebagai Alternatif Substitusi Bahan Perakas Kayu Komposit,” in *Simposium Nasional Polimer V*, 2013, pp. 155–164.
- [14] D. K. Syabana and R. Widiastuti, “KARAKTERISTIK FISIK PADA SERAT PELEPAH NIPAH (*Nypa fruticans*),” *Din. Kerajinan dan Batik Maj. Ilm.*, vol. 35, no. 1, p. 9, 2018, doi: 10.22322/dkb.v35i1.3771.
- [15] K. Kruse, “Properties of Nipa- and Coconut Fibers and Production and Properties of Particle- and MDF-Boards made from Nipa and Coconut,” pp. 1–41, 2001.
- [16] H. Roliadi, D. A. Indrawan, G. Pari, R. M. Tampubolon, and A. B. Alat, “Potensi Teknis Pemanfaatan Pelepah Nipah dan Campurannya Dengan Sabut Kelapa Untuk Pembuatan Papan Serat Berkerapatan Sedang,” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 30, no. 3, pp. 183–198, 2012.
- [17] R. Widyorini, P. A. Nugraha, M. Z. A. Rahman, and T. A. Prayitno, “Bonding ability of a new adhesive composed of citric acid-sucrose for particleboard,” *BioResources*, vol. 11, no. 2, pp. 4526–4535, 2016, doi: 10.15376/biores.11.2.4526-4535.
- [18] M. Santoso, R. Widyorini, T. Agus Prayitno, and J. Sulistyono, “The Effects of Extractives Substances for Bonding Performance of Three Natural Binder on Nipa Fronds Particleboard,” *KnE Life Sci.*, vol. 4, no. 11, p. 227, 2019, doi: 10.18502/kls.v4i11.3868.
- [19] A. Sifa and M. Selin, “Rancang Bangun Mesin Hot Press Particle Board Sekam Padi Berbasis Pneumatik,” *J. Appl. Mech. Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 17–23, 2024.