



## Analisis sifat fisis dan mekanik *fiberboard* pada HDF, MDF, dan MLDF dengan variasi *density profile* menggunakan alat *density profile analyzer meter DPX200 IMAL*

INTAN RAHMAWATI<sup>1</sup>, LAFIRA<sup>1</sup>, FADILLAH PERMATA SARI<sup>2</sup>, A. AMINUDDIN BAMA<sup>1</sup>, DAN RAMLAN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya Sumatera Selatan 30862, Indonesia.

<sup>2</sup>Laboratorium Quality Control PT. Sumatera Prima Fiberboard, Sumatera Selatan 30862, Indonesia.

### Kata kunci:

*fiberboard*,  
*HDF*,  
*MDF*,  
*MLDF*,  
*density profile*,  
*internal boading*,  
*MOE/MOR*,  
*surface weight*

**ABSTRAK:** Telah dilakukan penelitian analisis sifat fisis dan mekanik tentang perbandingan produk HDF, MDF, dan MLDF yang ditinjau dari *density profile*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh densitas pada sifat fisis dan mekanik *fiberboard*. Produk yang digunakan sebagai bahan perbandingan adalah HDF, MDF, dan MLDF sesuai dengan tingkat densitasnya. Penelitian ini dimulai dengan melihat *density profile* menggunakan alat *density profile meter analyzer DPX200 IMAL* yang menggunakan sinar X-Ray. Sampel diurutkan sesuai dengan posisi saat board dipotong di *line* pabrik. *left*, *center left*, *center*, *center right*, dan *right* dengan diberi plat aluminium antar sampel baru dimasukkan ke dalam alat *density profile meter analyzer* dengan hasil pada MLDF, puncak maksimum mencapai 908 kg/m<sup>3</sup> dan 881 kg/m<sup>3</sup>. Pada MDF, puncak maksimum mencapai 935 kg/m<sup>3</sup> dan 946 kg/m<sup>3</sup>, serta HDF puncak maksimum mencapai 1085 kg/m<sup>3</sup> dan 1032 kg/m<sup>3</sup>. Sampel yang telah diuji *density profile* kemudian dilakukan pengujian *Internal boading*, *MOE/MOR*, dan *surface weight*. Hasil dari pengukuran densitas diperoleh bahwa semakin tinggi densitas yang diperoleh, maka semakin besar pula nilai dari *internal boading*, *MOE/MOR*, dan *surface weight*. Hal ini berarti, densitas berbanding lurus dengan ketiga pengujian mekanik yang telah dilakukan.

### Keywords:

*fiberboard*,  
*HDF*,  
*MDF*,  
*MLDF*,  
*density profile*,  
*internal boading*,  
*MOE/MOR*,  
*surface weight*

**ABSTRACT:** On the basis of density profiles, research has been conducted analyzing the physical and mechanical qualities of HDF, MDF, and MLDF products. This study was conducted to assess the effect of fiberboard density on its physical and mechanical qualities. According to their densities, the items utilized as comparative materials are HDF, MDF, and MLDF. This study begins with an examination of the density profile using the X-ray-based density profile meter analyzer DPX200 IMAL. The samples are sorted based on where on the assembly line the board was sliced. *left*, *center left*, *center*, *center right*, and *right*, with an aluminum plate placed in between each fresh sample inserted into the density profile meter analyzer. The greatest peak reached 908 kg/m<sup>3</sup> and 881 kg/m<sup>3</sup>, based on the MLDF data. MDF reaches a maximum peak density of 935 kg/m<sup>3</sup> and 946 kg/m<sup>3</sup>, while HDF reaches 1085 kg/m<sup>3</sup> and 1032 kg/m<sup>3</sup>. After testing samples for density profiles, internal boading, MOE/MOR, and surface weight, The findings of density measurement indicate that the internal boading, MOE/MOR, and surface weight are of greater value when the density is larger. This indicates that the density is directly related to the three mechanical tests conducted.

## 1 PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, semakin berkembang pula teknologi industri di dunia khususnya ASIA. Perkembangan tersebut diiringi pula dengan kebutuhan manusia yang semakin melonjak yaitu alat rumah tangga, konstruksi dan *furniture* [1][2]. Alat tersebut terbuat dari bahan yang berbeda-beda salah satunya *fiberboard* komposit [3]. *Fibreboard* adalah bahan ban-

gunan yang paling umum digunakan dalam industri furnitur dan desain interior [4]. Komposit adalah kombinasi dua atau lebih bahan yang terdiri dari matriks sebagai pengikat dan serat sebagai penguat yang masing-masing mempertahankan kualitas aslinya [5]. Komposit yang diperkuat serat biasanya digunakan pada peralatan yang membutuhkan material dengan dua sifat dasar: ringan, kuat dan ketahanan terhadap korosi. Saat ini, tren perkembangan material komposit telah mulai beralih dari komposit

\* Corresponding Author: email: [ramlan@unsri.ac.id](mailto:ramlan@unsri.ac.id)

dengan unsur penyusun sintetik ke komposit dengan bahan penyusun alami. Salah satu tren komposit saat ini, terutama kayu sebagai bahan bangunan untuk konstruksi, dekorasi, dan furnitur, terus berkembang seiring dengan meningkatnya populasi dunia [6][7][8][9]. Komposit memiliki massa jenis lebih kecil dan harga yang lebih ekonomis dibandingkan dengan material lain seperti baja, beton, keramik, kaca, dan lain sebagainya.

Salah satu serat kayu yang berpotensi tinggi untuk dijadikan bahan komposit adalah kayu KKRC, kayu akasia dan kayu karet (*rubber*). Ketiga kayu ini memiliki karakteristik tersendiri yang memiliki perbedaan khususnya dari kekerasan kayunya. Kerasnya kayu tersebut yang menyebabkan adanya perbedaan dari *density profile* yang akan diteliti penulis. Sebagian besar wilayah Kabupaten Musi Rawas merupakan kawasan hutan dengan beragam jenis, antara lain kayu pulai, kayu jabon, kayu karet, dan jenis tanaman kayu lainnya, serta Kelompok Kayu Rimba Campur (KKRC) [10]. Kehutanan membangun Hutan Tanaman Industri yang diharapkan pembangunan mencapai 6,2 juta hektar dan akan menghasilkan kayu bulat sejumlah 90 juta meter kubik setiap tahun. Salah satu diantara jenis kayu Hutan Tanaman Industri adalah kayu Akasia Mangium (*Acacia mangium Willd*), pohon ini cepat tumbuh dan dapat dipanen dalam umur sekitar 6 -7 tahun [1][11]. Indonesia memiliki area kebun kayu karet (*Hevea brasiliensis*) terluas di dunia dengan luas mencapai 3.229.861 ha [12]. Kayu karet merupakan salah satu produk unggulan Indonesia setelah kelapa dan minyak kelapa sawit. Sumatera Selatan merupakan penyumbang rata-rata produksi karet alam terbesar yaitu 28,77% dari seluruh total produksi karet nasional setiap tahunnya. Komoditi karet menjadi sektor yang sangat berpengaruh terhadap ekonomi Sumatera Selatan. Dengan luas perkebunan terbesar di Indonesia yaitu 1.305.699 hektar dengan hasil produksi mencapai 905.789 ton pada tahun 2019 [13].

Dari besarnya data potensi kayu tersebut, maka penulis memutuskan untuk menganalisis pengaruh densitas dari sifat fisis dan sifat mekanik fiberboard dengan bahan utama kayu karet, kayu MLH, dan kayu akasia pada produk manufaktur yang dijalankan oleh PT. Sumatera Prima Fibreboard, dimana kayu yang digunakan adalah kayu tua yang sudah tidak produktif lagi dan sangat melimpah di Indonesia sesuai data yang ada. Untuk itu, dalam pembahasan ini penulis mengangkat judul "Analisis Sifat Fisis dan Mekanik Fiberboard Pada HDF, MDF, dan MLDF, dengan Variasi Density Profile Menggunakan Alat Density Profile Meter Analyzer DPX200 IMAL".

## 2 BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan sejak Maret hingga April 2022 di Laboratorium Departemen Quality Control, PT. Sumatera Prima Fibreboard, Ogan Ilir, Sumatera Selatan.

### Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini, analisis menggunakan data uji fisik dan mekanik fiberboard di Laboratorium Quality Control PT. Sumatera Prima Fibreboard untuk dilihat perbedaan antara HDF, MDF, dan MLDF dengan informasi karakteristik sampel yang diuji ada tiga jenis, yaitu sampel High Density Fibreboard bertipe E2 thickness 7,7 mm, sampel Medium Density Fibreboard bertipe E2 thickness 6 mm, dan Medium Low Density Fibreboard E2 thickness 7 mm. Density profile yang digunakan berdasarkan output yang keluar dari alat density profile analyzer meter DPX200 IMAL. Alat tersebut menggunakan pancaran sinar X-ray untuk mendeteksi densitas fiberboard dan menampilkannya dalam bentuk grafik. Kemudian pengujian internal boading serta MOE/MOR diuji menggunakan alat Zwick/Roell Z005. Untuk surface weight, data diambil dengan menggunakan rumus. Pengambilan data density profile pada sampel HDF, MDF, dan MLDF, diawali dengan memastikan sampel sesuai dengan urutan saat disanding dalam pabrik, yaitu dari left, center left, center, center right, dan right seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Posisi rawboard disanding dalam pabrik



**Gambar 2.** Posisi sampel rawboard di uji dengan alat density profile meter analyzer DPX200 IMAL.

Hal tersebut bertujuan untuk memudahkan pembacaan output grafik. Lalu mengukur dimensi dari masing-masing sampel yaitu panjang, lebar, tebal dan massa sample, dengan alat ukur density profile meter analyzer DPX200 IMAL yang terhubung ke Personal Computer (PC).

Setelah itu memposisikan sampel secara vertikal dengan pemisah plat aluminium sebagai pembeda sampel dari yang pertama atau left sampai yang kelima atau right. Kemudian memasukkan sampel yang telah disusun pada alat density profile meter analyzer DPX200 IMAL, lalu tekan tombol start pada alat. Tunggu output setelah alat density profile meter analyzer mendeteksi density profile pada setiap sampel. Lalu data yang muncul pada layar desktop PC dapat disimpan untuk dianalisis apakah baik untuk didistribusikan ke konsumen atau tidak. Prosedur tersebut dapat dilakukan untuk setiap sampel sesuai dengan jenisnya.

**Analisis Data**

Metode analisis diskriminan digunakan untuk melakukan penelitian. Metode ini menggunakan pengukuran pada kelompok data yang berbeda untuk meng-highlight poin yang membedakan kelompok-kelompok tersebut. Selain dengan menggunakan alat density profile meter analyzer, density atau densitas dapat juga dicari secara analitik dengan menggunakan rumus:

$$\rho = \frac{massa}{volume} = \frac{m}{v}$$

Densitas atau massa jenis adalah jumlah massa dalam jumlah ruang tertentu. Temperatur dan tekanan berpengaruh besar terhadap perubahan volume, sehingga temperatur dan tekanan juga berpengaruh besar terhadap densitas. Dalam satuan metrik, densitas diukur dalam gram/cm<sup>3</sup> (cgs) atau

kg/m<sup>3</sup> (mks) [14][15]. Sedangkan untuk mendapat surface weight dapat menggunakan rumus:

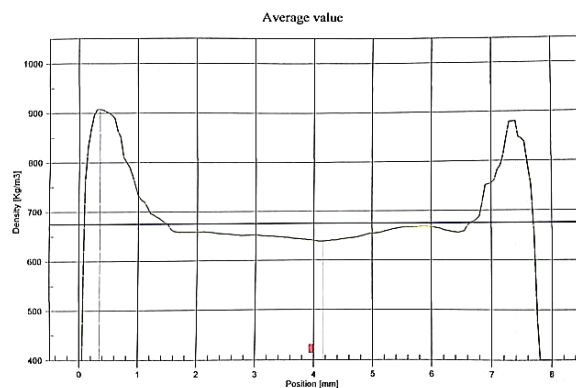
$$SW = \frac{massa}{luas} = \frac{m}{L}$$

Modulus of Elasticity (MOE), juga disebut kekuatan lentur, adalah rasio antara tegangan dan regangan yang tetap sama sampai persentase tertentu. Regangan adalah perubahan panjang bahan per satuan panjang, sedangkan tegangan adalah gaya per satuan luas. Modulus of Elasticity (MOE) mempengaruhi seberapa banyak sesuatu membengkok, meregang, atau berubah bentuk. Lentutan tergantung pada panjang, lebar, berat, dan elastisitas balok kayu[16]. Dengan berat dan ukuran tertentu, modulus elastisitas membuat kayu atau gelagar lebih kecil kemungkinannya untuk bengkok. Jadi, kayu dengan MOE yang lebih tinggi cenderung tidak berubah bentuk. Komposit memiliki sifat mekanik yang disebut modulus of rupture (MOR) yang menunjukkan seberapa kuat komposit tersebut. MOR komposit adalah ukuran seberapa baik komposit dapat bertahan terhadap beban atau gaya. Juga, ukuran dan bentuk komposit berubah karena gaya yang bekerja padanya. Selama pengujian kekuatan lentur, gaya terbesar yang dapat diterima kayu sebelum patah digunakan untuk mengetahui modulus pecah komposit. [17].

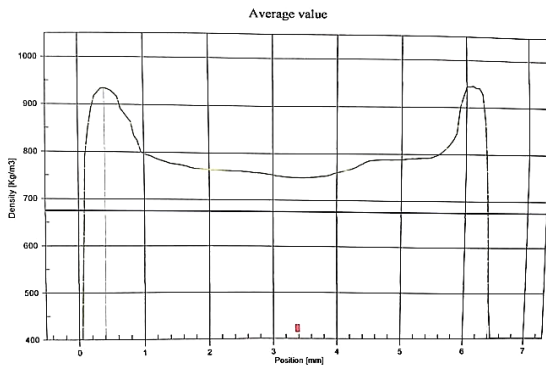
**3 HASIL**

**Density Profile**

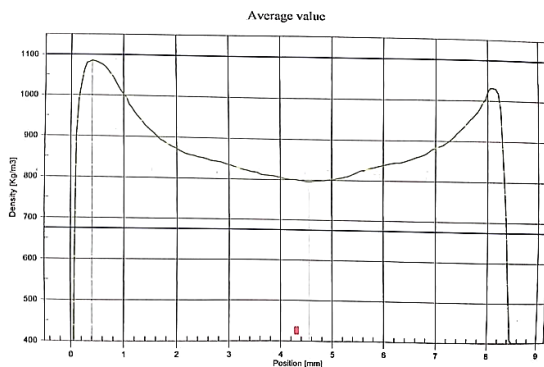
Density profile pada sampel digunakan untuk melihat struktur dan rapat massa jenis pada sampel tersebut. Sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan menggunakan alat density profile analyzer meter DPX200 IMAL, maka didapatkan hasil berikut.



**Gambar 3.** Density profile pada sampel MLDF



**Gambar 4.** Density profile pada sampel MDF



**Gambar 5.** Density profile pada sampel HDF

Gambar grafik hasil pengujian di atas, berupa hasil rata-rata *density profile* dari lima sampel masing-masing *board* yang sejenis. Grafik hasil pengujian *density profile* tersebut berupa keterangan densitas (kerapatan) sampel *board* dari tiga sampel berbeda yang dikelompokkan sesuai dengan tingkat densitasnya. Sesuai dengan namanya, *Medium Low Density Fibreboard*, *Medium Density Fibreboard*, dan *Hight Density Fibreboard* [4]. Dari data yang telah diperoleh tersebut, hasil pengujian antara HDF, MDF, dan MLDF perbedaannya cukup signifikan. Pada MLDF, puncak maksimum posisi kiri mencapai 908 kg/m<sup>3</sup>, posisi kanan mencapai 881 kg/m<sup>3</sup>. Pada MDF puncak maksimum posisi kiri mencapai 935 kg/m<sup>3</sup>, posisi kanan mencapai 946 kg/m<sup>3</sup>, dan pada HDF puncak maksimum posisi kiri mencapai 1085 kg/m<sup>3</sup>, posisi kanan mencapai 1032 kg/m<sup>3</sup>.

**Internal Boanding**

**Tabel 1.** Data pengujian *Internal boanding*

No	Sampel	Internal Boanding (kg/m <sup>2</sup> )
1	MLDF	20.900
2	MDF	17.400
3	HDF	6.500

Pengujian ini dilakukan dengan merekatkan sampel *board* pada blog menggunakan *glue stick* sesuai komposisi. *Glue stick* diatas blog dilelehkan menggunakan *hot plate* yang kemudian blog dan *board* direkatkan dengan proses *cooling* pada *water bath* agar blog dan sampel *board* tersebut merekat dengan baik. Kemudian baru dilakukan penarikan oleh alat Zwick/Roell Z005, dengan hasil uji IB tersebut didapat HDF paling tinggi nilainya dibandingkan dengan MDF, dan MLDF [18].

**MOE/MOR**

Dari data yang diperoleh pada pengujian MOE/MOR menggunakan alat Zwick/Roell Z005, maka didapat hasil berikut.

**Tabel 2.** Data pengujian MOE/MOR pada sampel *fibre-board*

No	Sampel	MOE (MPa)	MOR (MPa)
1	MLDF	4,579 × 10 <sup>-9</sup>	6,3 × 10 <sup>-11</sup>
2	MDF	3,983 × 10 <sup>-9</sup>	3,7 × 10 <sup>-11</sup>
3	HDF	2,506 × 10 <sup>-9</sup>	2,6 × 10 <sup>-11</sup>

Data di atas menunjukkan hasil rata-rata dari MOE/MOR pada masing-masing sampel pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Zwick/Roell Z005 menggunakan *speed* 100 mm/min yang sebelumnya telah dihitung terlebih dahulu panjang dan lebar sampel *fibreboard*.

**Surface Weight**

Dari data perhitungan yang diperoleh pada pengujian *surface weight*, maka didapat hasil berikut.

**Tabel 3.** Data pengujian *surface weight* pada sampel *fibre-board*

No	Sampel	Surface Weight (Kg/m <sup>2</sup> )
1	MLDF	74.600
2	MDF	51.000
3	HDF	54.500

Dari data di atas dapat dilihat bahwa *surface weight* HDF hasilnya lebih tinggi dibandingkan MDF, dan MLDF. Data tersebut didapat dari pengukuran panjang, lebar, serta massa dari sampel yang kemudian diolah menggunakan rumus *surface weight*.

**4 PEMBAHASAN**

**Density Profile**

Dari data yang telah diperoleh, hasil pengujian antara HDF, MDF, dan MLDF perbedaannya cukup sig-

nifikan. Pada MLDF, puncak maksimum pada posisi kiri mencapai  $908 \text{ kg/m}^3$ , posisi kanan mencapai  $881 \text{ kg/m}^3$ . Pada MDF, puncak maksimum posisi kiri mencapai  $935 \text{ kg/m}^3$ , posisi kanan mencapai  $946 \text{ kg/m}^3$ , dan pada HDF, puncak maksimum posisi kiri mencapai  $1085 \text{ kg/m}^3$ , posisi kanan mencapai  $1032 \text{ kg/m}^3$ . Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian sesuai dengan teori yang ada, bahwa *High Density Fibreboard* memiliki densitas paling baik dan paling tinggi dibandingkan dengan *Medium Density Fibreboard* dan *Medium Low Density Fibreboard*. Serta densitas atau kerapatan pada MLDF paling rendah dibandingkan dengan MDF dan HDF. Adanya perbedaan data densitas tersebut, dapat disebabkan oleh faktor bahan yang digunakan, seperti jenis kayu yang digunakan, dan bahan *chemical* seperti *glue*, *urea*, *hardener*, dan lainnya. Kayu yang digunakan pada MLDF dan MDF di sample ini yaitu kayu Rubber, sedangkan pada HDF digunakan Kelompok Kayu Rimba Campuran (KKRC) dan kayu Akasia. Pada grafik terlihat bahwa struktur sample dari yang densitasnya tinggi, lalu menurun, dan meningkat lagi. Hal ini disebabkan karena posisi *top* (atas) dan *bottom* (bawah) *board* yang sengaja dibuat lebih keras agar *board* lebih tahan lama penggunaannya dan tidak mudah rusak oleh benturan. Kemudian pada saat *fibreboard* dipress untuk menjadi *board*, bagian yang terkena secara langsung dan ditekan oleh alat *pressing* adalah bagian *top* dan *bottomboard*, sedangkan bagian tengahnya ikut ter *press* namun tidak mendapatkan tekanan yang sama besar dengan bagian atas dan bawah *board*, hal ini pula yang menyebabkan struktur *board* berbeda, dan *density profile board* berbeda pula

### Internal Boarding

Dari data yang telah diperoleh, dapat terlihat bahwa *density* dan *Internal boarding* berbanding lurus. HDF yang memiliki *density* paling besar dibandingkan dengan MDF dan MLDF, juga memiliki nilai IB yang paling tinggi. Hal tersebut dikarenakan semakin rapat *fiber* tersebut, maka akan semakin sulit ikatan antar *fiber* itu terlepas saat diuji *internal boarding*. Sehingga didapatkan hasil bahwa semakin besar nilai *density*, maka semakin besar pula nilai IB nya. Hal ini berarti daya rekat antar *fiber* dan *glue* yang telah menjadi *board* tersebut, juga baik saat kerapatan pada setiap serat *fiberboard* tersebut baik.

### MOE/MOR

Dari data hasil uji MOE/MOR maka dapat terlihat bahwa, semakin besar nilai *density* maka semakin besar pula nilai *Modulus Of Elasticity* (MOE) dan *Modulus Of Rupture* (MOR) pada sample. Hasil ter-

sebut menjelaskan bahwa nilai MOE dan MOR pada HDF paling tinggi sedangkan nilai MOE dan MOR pada MLDF paling rendah. Semakin baik densitas sampel, maka elastisitas pada sampel juga akan semakin baik, terlebih jika kayu yang digunakan berupa kayu dengan *density* atau nilai kerapatan yang tinggi. Karena jika nilai *density board* rendah, maka *board* tersebut akan mudah sekali berdeformasi saat diberikan beban yang berat, sehingga beriring waktu *board* tersebut akan mencapai titik kritisnya lalu terjadi retakan atau tidak lagi dapat kembali ke bentuk asalnya. Kemudian pada material dengan modulus retak (MOR) rendah juga akan mudah sekali retak saat ditekan atau diberikan beban maksimum. Hal ini dikarenakan kekuatan serat pada *board* tersebut yang kurang baik.

### Surface Weight

Dari data yang telah didapatkan, dapat terlihat bahwa nilai *surface weight* pada HDF paling tinggi. Namun didapatkan  $3.500 \text{ kg/m}^2$  lebih tinggi nilai *surface weight* MLDF dibandingkan dengan data *surface weight* MDF. Hal ini disebabkan oleh waktu simpan kayu pada MDF lebih lama dibandingkan dengan waktu simpan kayu pada MLDF, dan *line speed* yang digunakan pada saat proses pembuatan MDF kecepatannya  $0,485 \text{ m/s}$  dengan *thickness*  $6 \text{ mm}$ , sedangkan pada MLDF kecepatannya  $0,41 \text{ m/s}$  dengan *thickness*  $7 \text{ mm}$ . Hal ini berarti *Line speed* MDF lebih cepat dibandingkan dengan MLDF, padahal *thickness* pada MDF lebih kecil dibandingkan dengan MLDF. Sehingga pada penelitian *sample board* kali ini menyebabkan *surface weight* pada MDF lebih kecil dibandingkan dengan MLDF.

## 5 KESIMPULAN

Hasil data menunjukkan bahwa tingkat perbedaan *density profile* cukup signifikan, dari yang tertinggi HDF, MDF, dan paling rendah MLDF. Hal tersebut dipengaruhi oleh kayu yang digunakan memiliki kekuatan yang berbeda. Pengaruh densitas terhadap MOE/MOR dan IB, semakin besar nilai *density* pada *fibreboard*, maka semakin besar pula nilai MOE/MOR. Namun, pada data *surface weight* terdapat perbedaan dimana data tidak konstan, hal tersebut disebabkan *line speed* pabrik produksi MDF yang lebih cepat dibanding MLDF sehingga tidak ter *press* sempurna.

## REFERENSI

- [1] E. Arsad, "Sifat Fisik dan Kekuatan Mekanik Kayu Akasia Mangium (*Acacia Mangium Willd*) Dari Hutan Tanaman Industri Kalimantan Selatan.," *J. Ris. Ind.*

- Has. Hutan*, vol. 3, no. 1, hal. 20–23, 2011, doi: 10.24111/jrihh.v3i1.1184.
- [2] A. Dedi Kurniawan dan D. Yulianto, "Utilization of Palm Oil Fiber Waste and Recycled Plastic (Polypropylene) As Particle Board Composite Materials," *J. Renew. Energy Mech. E-ISSN*, vol. 03, no. 02, hal. 2614–8315, 2020, doi: 10.25299/rem.2020.vol3(02).4884.
- [3] K. Boimau, Y. M. Pell, A. Sanusi, J. C. A. Pah, dan D. B. N. Riwu, "Pengaruh Ketebalan Papan Komposit Poliester Berpenguat Serat Gewang Terhadap Kekuatan Impak," *Pros. Semin. Nas. SAINSTEK IV*, vol. 4, no. 1, hal. 503–511, 2019.
- [4] M. E. Kara, Z. Yerlikaya, S. Ateş, dan Ç. Olgun, "Effect of pressing conditions on some surface properties of HDF laminate parquets," *Indian J. Eng. Mater. Sci.*, vol. 23, no. 4, hal. 274–278, 2016.
- [5] B. Kusmartono, M. Yuniwati, dan Z. Adzkiyaa, "Pemanfaatan Serat Pohon Pisang Kepok (Musa paradisiacal L) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Hardboard," *J. Teknol.*, vol. 14, no. 1, hal. 91–98, 2021, doi: 10.34151/jurtek.v14i1.2074.
- [6] R. Ervil dan U. Muslimin, "Percobaan Pembuatan Partikel Board Dengan Menggunakan Limbah Pengolahan Kulit Kayu Manis," *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 17, no. 2, hal. 49, 2017, doi: 10.36275/stsp.v17i2.26.
- [7] M. Yani, B. Suroso, dan Rajali, "Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 2, no. 1, hal. 74–83, 2019, doi: <https://doi.org/10.30596/rmme.v2i1.3071>.
- [8] R. Kartini, H. Darmasetiawan, A. K. Karo, dan Sudirman, "Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam," *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 3, no. 3, hal. 30–38, 2002.
- [9] T. C. Lee, N. A. S. Mohd Pu'ad, M. A. Selimin, N. Manap, H. Z. Abdullah, dan M. I. Idris, "An overview on development of environmental friendly medium density fibreboard," *Mater. Today Proc.*, vol. 29, no. 1, hal. 52–57, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2020.05.679.
- [10] F. Lestari dan Y. Febrianti, "Identifikasi Makrofungi Ordo Polyporales di Kecamatan Purwodadi Kabupaten Musi Rawas," *Indones. J. Biotechnol. Biodivers.*, vol. 2, no. 1, hal. 25–29, 2018, doi: <https://doi.org/10.47007/ijobb.v2i1.24>.
- [11] S. Somadona, E. Sribudiani, dan D. Elsa Valencia, "KARAKTERISTIK BALOK LAMINASI KAYU AKASIA (Acacia Mangium) DAN MERANTI MERAH (Shorea leprosula) BERDASARKAN SUSUNAN LAMINA DAN BERAT LABUR PEREKAT STYROFOAM," *Wahana For. J. Kehutan.*, vol. 15, no. 2, hal. 53–64, 2020, doi: 10.31849/forestra.v15i2.5039.
- [12] T. Rubiyanti, W. Hidayat, I. G. Febryano, dan S. Bakri, "Karakterisasi Pelet Kayu Karet (Hevea brasiliensis) Hasil Torefaksi dengan Menggunakan Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB)," *J. Sylva Lestari*, vol. 7, no. 3, hal. 321–331, 2019, doi: 10.23960/jsl37321-331.
- [13] Sri Hertina, Khoirun Nisyak, dan Nur Aslamiah Supli, "Daya Saing Karet Alam Sumatera Selatan Dalam Perdagangan Internasional," *Indones. J. Int. Relations*, vol. 5, no. 2, hal. 241–263, 2021, doi: 10.32787/ijir.v5i2.226.
- [14] M. Purba, "Dinamika Lautan." PT Penerbit IPB Press, Bogor, hal. 4, 2019.
- [15] F. E. Yetti dan Mora, "Pengaruh Presentase Massa Partikel Kayu dan Serat Lidah Mertua pada Core terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel," *J. Fis. Unand*, vol. 8, no. 4, hal. 380–386, 2019.
- [16] B. Vakhshouri dan S. Nejadi, "Empirical models and design codes in prediction of modulus of elasticity of concrete," *Front. Struct. Civ. Eng.*, vol. 13, no. 1, hal. 38–48, 2019, doi: 10.1007/s11709-018-0479-1.
- [17] L. samsul Aswadi, D. S. A. Yuwana, dan H. Prawenti, "Studi Eksperimental Modulus of Rupture dan Modulus of Elasticity Laminated Veneer Lumber Kayu Sengon," *J. Rekayasa Infrastruktur Sipil*, vol. 2, no. 1, hal. 9–14, 2021, doi: 10.31002/.v1i2.3392.
- [18] B. Zhang, J. Hua, L. Cai, Y. Gao, dan Y. Li, "Optimization of production parameters of particle gluing on internal bonding strength of particleboards using machine learning technology," *J. Wood Sci.*, vol. 68, no. 21, hal. 1–11, 2022, doi: 10.1186/s10086-022-02029-2.