

SIFAT FISIKA DAN MEKANIKA PAPAN PARTIKEL CAMPURAN SERBUK GERGAJI KAYU KARET (*Hevea brasiliensis*) DAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis*)

*Physical and Mechanical Characteristics of Particleboard Made from a Blend of Rubber Wood Sawdust (*Hevea brasiliensis*) and Oil Palm Empty Fruit Bunches (*Elaeis guineensis*)*

Abdur Rahman¹, Violet¹, dan Gusti Abdul Rahmat Thamrin¹

¹Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. The depletion of natural wood resources and the increasing demand for processed wood products have driven the search for alternative materials. This study investigates the physical and mechanical properties of particleboard produced from a mixture of rubberwood sawdust (*Hevea brasiliensis*) and oil palm empty fruit bunch fibers (*Elaeis guineensis*). The particleboard was manufactured with varying proportions of sawdust and empty fruit bunch fibers, using polyvinyl acetate (PVAc) adhesive. The physical properties examined include density, moisture content, and thickness swelling. The mechanical properties evaluated are Modulus of Elasticity (MoE) and Modulus of Rupture (MoR), tested according to the Indonesian National Standard (SNI 03-2105-2006). The observations revealed that all manufactured boards met the standards for density and moisture content as required. However, none of the samples fulfilled the mechanical strength standards, particularly in terms of Modulus of Elasticity (MoE) and Modulus of Rupture (MoR). The highest density was achieved in boards with a higher proportion of empty fruit bunch fibers, although this also led to increased thickness swelling. These findings indicate that rubberwood sawdust and oil palm empty fruit bunch fibers are promising materials for processing. However, further optimization is necessary to enhance the mechanical performance of the composite boards.

Keywords: Particleboard; Rubber wood; empty bunch; Polyvinyl acetate (PVAc); Physical characteristics; Mechanical characteristics

ABSTRAK. Berkurangnya sumber daya kayu alam dan meningkatnya kebutuhan produk kayu olahan mendorong pencarian material alternatif. Studi ini menginvestigasi sifat fisika dan mekanika papan partikel yang diproduksi dari campuran serbuk gergaji kayu karet (*Hevea brasiliensis*) dan tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). Papan partikel dibuat dengan variasi proporsi serbuk gergaji dan serat tandan kosong, menggunakan perekat polyvinyl acetate (PVAc). Sifat fisika yang diteliti meliputi kerapatan, kadar air, dan pengembangan tebal. Sifat mekanika yang dievaluasi meliputi Modulus Elastisitas (MoE) dan Modulus Patah (MoR), yang diuji berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105-2006). Hasil pengamatan memperlihatkan semua papan buatan memenuhi standar kerapatan dan kadar air sesuai ketentuan. Namun, tidak ada sampel yang memenuhi standar kekuatan mekanik, terutama MoE dan MoR. Kerapatan tertinggi didapatkan pada papan dengan proporsi serat tandan kosong yang lebih banyak, meskipun hal ini juga meningkatkan nilai pengembangan tebal. Temuan ini mengindikasikan bahwa serbuk gergaji kayu karet dan serat tandan kosong kelapa sawit merupakan material untuk pengolahan yang prospektif, tetapi optimasi lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan performa mekanis papan komposit tersebut.

Kata Kunci: Papan partikel; Kayu karet; Tandan kosong; Polyvinyl acetate (PVAc); Sifat fisika; Sifat mekanika

Penulis untuk korespondensi, surel: violet@ulm.ac.id

PENDAHULUAN

Kayu merupakan material struktur yang banyak dimanfaatkan di Indonesia, walaupun saat ini terjadi defisit dalam pemenuhan kebutuhan kayu bulat untuk industri pengolahan kayu. Hal ini disebabkan oleh laju penebangan yang melebihi laju penanaman di

hutan alam, yang berdampak pada kelestarian sumber daya hutan. Sementara itu, permintaan kayu sebagai bahan baku industri terus meningkat. Penghasil kayu untuk bahan dasar dalam kegiatan industri pada periode 2017 menembus 10,95 juta m³, menghasilkan limbah industri yang tidak sedikit (Purwadi, 2017).

Kalimantan Selatan memiliki sekitar 14.582 Ha lahan pohon karet berumur di atas 30 tahun tetapi kehilangan produktivitas. Pohon karet tua bisa digunakan sebagai material utama kayu alternatif untuk produk panel kayu, pulp, kertas, dan produk olahan lainnya. Kayu karet juga mudah digergaji karena permukaannya halus, sangat sesuai untuk pembuatan mebel (Boerhendhy et al., 2001).

Produksi kelapa sawit terus meningkat, meskipun peningkatannya kurang dari 10% per tahun. Luas perkebunan kelapa sawit pada tahun 2017 tercatat di Kalimantan Selatan mencakup 337.273 Ha, dengan tingkat produksi sekitar 1,3 juta ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2016). Tandan bekas kelapa sawit, merupakan limbah hasil proses industri ini, mengandung komponen lignin dan selulosa yang bisa digunakan sebagai elemen penguat ekstra untuk pembuatan papan partikel (Kilwon, 2002). Sebagai solusi, pemanfaatan limbah industri kayu dan bahan berlignoselulosa lainnya (Ulfah et al., 2015), seperti serbuk gergaji kayu karet dan tandan kosong kelapa sawit, menjadi alternatif yang menarik untuk produksi papan komposit. Pembentukan papan partikel dilakukan dengan merekatkan partikel kayu memakai material perekat dan dikempa hingga menghasilkan produk yang berkualitas. Pemanfaatan limbah ini tidak hanya mengurangi penggunaan kayu utuh, tetapi juga memberikan nilai tambah ekonomi bagi masyarakat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fisik dan mekanis papan partikel yang terbuat hasil campuran serbuk hasil gergaji pada kayu karet dengan tandan kosong kelapa sawit. Dengan memahami karakteristik papan partikel yang diproduksi, diharapkan eksperimen ini dapat berkontribusi positif pada pengelolaan sumber daya hutan yang berkelanjutan dan mengurangi dampak negatif dari penebangan kayu.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini membutuhkan waktu sekitar 3 bulan, meliputi pengambilan bahan baku, pembuatan papan partikel, dan pengujian sampel. Lokasi Penelitian ini bertempat di fasilitas Workshop Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat dan Balai Riset Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Banjarbaru. Tahapan penelitian

meliputi penyediaan bahan baku, pengeringan, pembuatan papan partikel, serta analisis data dari pengujian.

Alat Dan Bahan

Peralatan yang dipakai meliputi timbangan analitik, kempa hidrolik, wadah, cetakan papan, saringan dengan spesifikasi 40 mesh dan 60 mesh, alat pemotong kayu berbasis meja, oven, kamera, perangkat uji panel partikel, mistar, mesin pengujian *universal*, pengukur presisi digital, parang, gunting, aluminium foil, dan perlengkapan pencatatan. Material yang digunakan adalah serbuk kayu karet non-produktif berumur lebih dari 25 tahun, sisa tandan kelapa sawit dan material perekat PVAc.

Prosedur Penelitian

Proses produksi papan partikel

- a. Pengolahan material dasar:
 - 1) Material direndam selama sekitar 24 jam di air agar dapat menghilangkan zat ekstraktif yang dapat mengganggu proses perekatan.
 - 2) Sisa tandan kelapa sawit dibersihkan, diurai bentuk seratnya, lalu dipotong dengan panjang sekitar 1-2 mm.
 - 3) Kedua bahan dibiarkan mengering di bawah cahaya matahari sampai kadar air di bawah 14%.
 - 4) Serbuk kayu karet diayak menggunakan ayakan 40 mesh, dan partikel yang lolos ayakan 60 mesh digunakan.
- b. Penghitungan berat bahan mentah dan perekat:
 - 1) Material mentah ditimbang berdasarkan perlakuan berikut:
 - a) Perlakuan A: serbuk kayu karet 100%
 - b) Perlakuan B: serbuk kayu karet 75% + 25% TKKS
 - c) Perlakuan C: serbuk kayu karet 50% + 50% TKKS
 - d) Perlakuan D: serbuk kayu karet 25% + 75% TKKS
 - e) Perlakuan E: 100% TKKS
- c. Serbuk kayu karet dan TKKS dicampur dengan perekat PVAc (25% dari berat total bahan) hingga homogen.
- d. Campuran tadi selanjutnya dimasukkan ke cetakan berdimensi 30 x 30 x 1 cm yang telah dilapisi aluminium foil.

- e. Papan partikel dikempa menggunakan alat kempa proses hidrolik pada temperatur 115°C dioperasikan pada tekanan 15 kg/cm² selama 15 menit (kempa panas), dilanjutkan dengan kempa dingin selama 24 jam.
- f. Papan partikel didiamkan selama satu minggu pada suhu ruang untuk mencapai kadar air kesetimbangan.

Pengujian Aspek Fisik dan Mekanis

- a. Pengujian Aspek Fisik:
 - 1) Kerapatan dihitung berdasarkan rasio antara massa dan volume papan partikel pada kondisi kering udara.
 - 2) Kadar air ditentukan dari perbedaan berat sebelum dan setelah dikeringkan di oven pada suhu 105°C.
 - 3) Pengembangan tebal diukur dengan merendam sampel berdimensi 5 x 5 cm dalam air selama rentang waktu 24 jam, lalu diukur ketebalannya sebelum dan sesudah perendaman.
- b. Pengujian Aspek Mekanis:
 - 1) Keteguhan lentur statis (MoE) dan keteguhan lentur patah (MoR) diuji dengan alat pengujian *universal* (UTM) pada sampel berdimensi 5 x 20 cm, berdasar pada standar teknis SNI 03-2105-2006.

Metode Percobaan

Penelitian ini dirancang menggunakan pendekatan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan serta 3 replikasi, sehingga jumlah keseluruhan terdapat 15 jenis sampel papan partikel. Kelima perlakuan tersebut didasarkan pada variasi komposisi serbuk kayu dari karet dan limbah tandan sawit tanpa isi.

Analisis Data

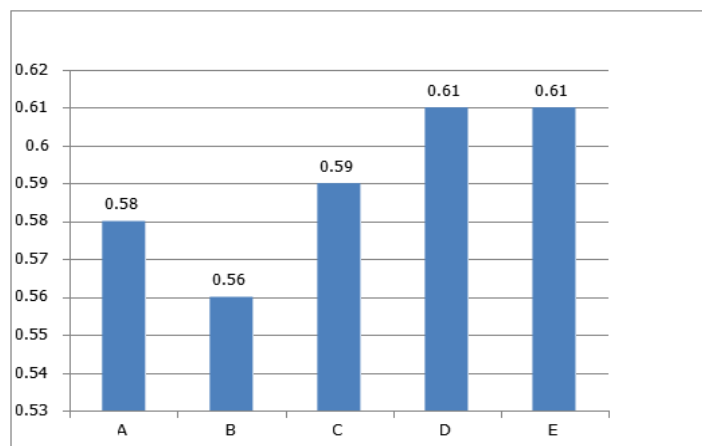
Data hasil pengujian dicatat dan diolah menggunakan tabel pengamatan sesuai dengan pola percobaan RAL. Sebelum analisis varian (ANOVA), dilakukan uji normalitas dan homogenitas data. Pengaruh variasi komposisi campuran dianalisis menggunakan uji F.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisika Papan Partikel

1. Kerapatan

Kerapatan dapat diartikan sebagai parameter krusial dalam menentukan kualitas papan partikel karena berkaitan erat dengan kekuatan dan ketahanannya. Nilai kerapatan yang tinggi mengindikasikan papan partikel yang lebih padat dan tahan terhadap beban. Rerata nilai kerapatan untuk setiap perlakuan ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Rerata Nilai Kerapatan (gr/cm³)

Gambar 1 memperlihatkan bahwa semua perlakuan menghasilkan papan partikel dengan kerapatan yang memenuhi standar teknis SNI 03-2105-2006, yaitu berada di rentang 0,51 - 0,61 gr/cm³. Perlakuan D dan E, yang mengandung proporsi tandan kosong

kelapa sawit lebih tinggi, menunjukkan nilai kerapatan tertinggi (0,61 gr/cm³). Sebaliknya, perlakuan B dengan 75% serbuk kayu karet memiliki kerapatan terendah (0,56 gr/cm³). Secara umum, penambahan tandan kelapa

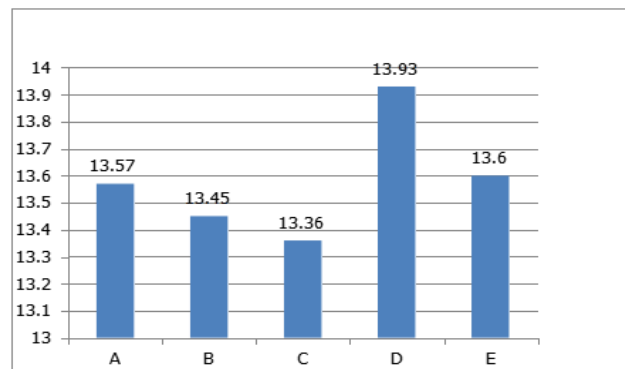
sawit yang kosong cenderung meningkatkan kerapatan papan partikel.

Menurut Haygreen dan Bowyer (1989), kerapatan kayu dipengaruhi oleh kadar air, ukuran partikel, dan metode pengolahan. Kerapatan umumnya meningkat seiring dengan mengecilnya ukuran partikel karena kontak antar partikel yang lebih luas. Akhmadi (1973) juga menyatakan bahwa faktor internal dan eksternal, seperti pemilihan bahan baku, metode pengeringan, dan komposisi

campuran, dapat mempengaruhi kerapatan akhir produk.

2. Kadar Air

Kadar air merupakan faktor esensial dalam menentukan kualitas papan partikel. Kadar air yang tinggi dapat mempengaruhi stabilitas dimensi, daya tahan, dan kekuatan produk. Rerata nilai kadar air untuk setiap perlakuan ditampilkan pada Gambar 2.



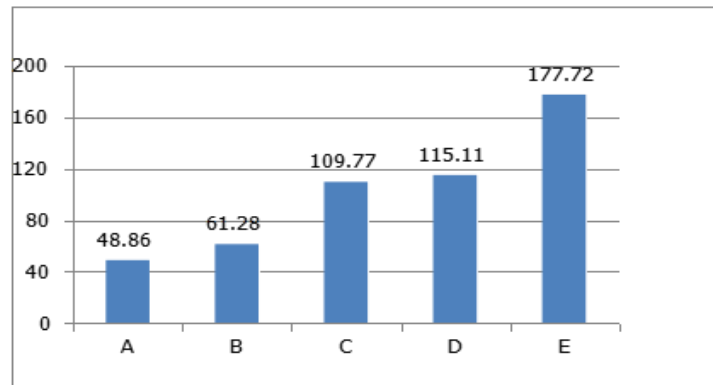
Gambar 2. Diagram Rerata Nilai Kadar Air

Gambar 2 memperlihatkan bahwa semua perlakuan menghasilkan papan partikel dengan kandungan air yang memenuhi acuan SNI 03-2105-2006 ($\leq 14\%$). Kadar air tertinggi tercatat pada perlakuan D (13,93%), sedangkan kadar air terendah pada perlakuan C (13,36%). Perlakuan dengan proporsi tandan kosong kelapa sawit dengan tingkat yang lebih tinggi cenderung terdapat kadar air yang lebih tinggi, kemungkinan karena sifatnya cenderung lebih mudah menyerap kelembapan dibandingkan serbuk kayu karet.

Hasil ini menunjukkan efektivitas proses pengeringan dalam mengurangi kadar air papan partikel. Cahyana (2014) menjelaskan bahwa kayu dengan kadar air tinggi cenderung mengalami penurunan kekuatan mekanis dan peningkatan pengembangan tebal. Kadar air kayu dipengaruhi oleh suhu udara, dan perubahan kadar air ini akan mempengaruhi dimensi dan sifat-sifat kayu. Papan partikel berkualitas tinggi dicirikan oleh kadar air yang rendah karena berpengaruh positif terhadap stabilitas dimensi dan kekuatan papan.

3. Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal merupakan parameter penting dalam mengevaluasi stabilitas dimensi papan partikel saat terpapar air. Dalam penelitian ini, papan partikel dari kombinasi serbuk gergaji dari kayu karet serta limbah tandan sawit kosong diuji untuk mengetahui tingkat pengembangannya. Standar acuan SNI 03-2105-2006 menetapkan batas maksimum pengembangan tebal sebesar 25%. Penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan gagal memenuhi standar yang dimaksud. Hasil pengembangan tebal terendah didapatkan melalui perlakuan A (100% serbuk kayu karet) dengan rerata 48,86%, di sisi lain, hasil tertinggi didapat pada perlakuan E (100% tandan kosong kelapa sawit) dengan rerata 177,72%. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan proporsi tandan kosong kelapa sawit berkontribusi dalam pengembangan ketebalan papan partikel. Rerata hasil pengembangan tebal untuk setiap perlakuan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Rerata Nilai Pengembangan Tebal (%)

Penggunaan tandan kosong kelapa sawit menyebabkan penyerapan air yang lebih tinggi karena struktur materialnya yang lebih berpori dibandingkan dengan serbuk kayu karet. Hal ini menyebabkan papan partikel lebih rentan terhadap ekspansi saat direndam dalam air, sehingga menurunkan stabilitas dimensi produk. Akhmadi (1973) menyatakan bahwa peningkatan kerapatan akan diikuti dengan peningkatan pengembangan. Namun, pengembangan linear relatif kecil. Stabilitas dimensi, kemampuan penyerapan air, dan ketebalan pengembangan sangat dipengaruhi oleh sifat serta bahan tambahan yang digunakan. Analisis ragam mengungkapkan bahwa variasi perlakuan memengaruhi secara signifikan pengembangan ketebalan papan partikel. Meskipun tandan kelapa sawit kosong berpotensi sebagai bahan alternatif, penggunaannya dalam jumlah besar perlu dioptimalkan untuk meminimalkan efek negatif terhadap stabilitas dimensi produk.

Hasil pengolahan data ragam mengidentifikasi bahwa variasi perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengembangan ketebalan papan partikel, dengan nilai F hitung sebesar 11,355 yang melebihi nilai F tabel pada taraf signifikansi 5% (3,478) dan 1% (5,994). Nilai koefisien keragaman yang cukup tinggi (25,61%) mengindikasikan adanya variasi yang besar antar perlakuan, yang mengindikasikan pemanfaatan bahan dari tandan kelapa sawit kosong cenderung meningkatkan pengembangan tebal. Berdasarkan nilai koefisien keragaman dan F hitung, dilakukan uji lanjutan Duncan guna menganalisis perbedaan antar perlakuan akibat nilai KK yang lebih besar dari 10%.

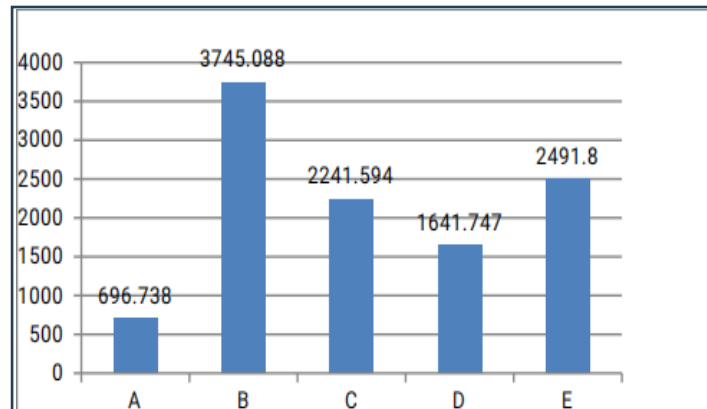
Berdasarkan analisis keragaman dan uji lanjutan Duncan, dapat disimpulkan bahwa

perlakuan E (100% tandan kosong kelapa sawit) memiliki pengembangan tebal tertinggi dan berbeda signifikan dari perlakuan lainnya. Sebaliknya, perlakuan A (100% serbuk kayu karet) memiliki pengembangan tebal terendah dan tidak menunjukkan perbedaan signifikan dengan perlakuan B, tetapi berbeda signifikan dengan perlakuan C dan D, serta sangat signifikan dengan perlakuan E. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan penggunaan tandan kosong kelapa sawit (seperti pada perlakuan E) secara signifikan meningkatkan pengembangan tebal dibandingkan perlakuan yang lebih banyak menggunakan serbuk kayu karet. Hal ini sesuai dengan sifat higroskopis tandan sawit yang lebih mudah menyerap air, sehingga menyebabkan pengembangan tebal yang lebih besar.

Sifat Mekanika Papan Partikel

1. Keteguhan Lentur Statik (Modulus Elastisitas/MoE)

Ketahanan lentur statik menggambarkan sejauh mana papan dapat mempertahankan bentuk dan ukurannya saat diberi gaya (Soenardi, 2000). Semakin tinggi nilai MoE, semakin elastis material tersebut. Elemen utama yang memengaruhi nilai MoE meliputi komposisi material utama, di mana serbuk kayu karet memberikan kontribusi elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan tandan kosong kelapa sawit. Hesty (2009) menyatakan bahwa kemampuan kayu dalam menghadapi tekanan eksternal memengaruhi sifat mekanisnya, yang dipengaruhi oleh kelembapan, kerapatan, temperatur, dan kondisi kerusakan kayu. Rerata nilai MoE untuk setiap perlakuan ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Rerata Nilai MoE

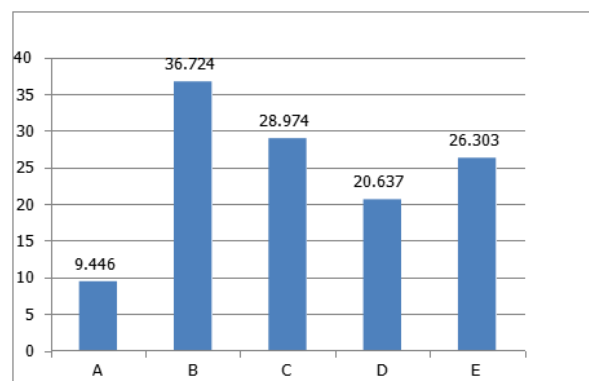
Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai MoE tertinggi ditemukan pada perlakuan B (75% serbuk kayu karet dan 25% tandan kosong kelapa sawit) dengan rerata 3.745,088 kgf/cm². Namun, tidak ada satupun perlakuan yang memenuhi kriteria SNI 03-2105-2006, yang menentukan nilai MoE minimal harus mencapai 20.400 kgf/cm². Iswanto et al. (2008) menemukan bahwa kadar air yang terlalu tinggi dapat menurunkan elastisitas papan partikel. Dalam penelitian ini, kadar air setiap perlakuan berkisar antara 13,36% - 13,93% (masih memenuhi standar SNI ≤14%). Fluktuasi kecil dalam kadar air ini mungkin mempengaruhi perbedaan nilai MoE antar perlakuan.

Meskipun variasi perlakuan tidak memberikan pengaruh yang signifikan, faktor-faktor lain seperti proses pengempaan, jenis perekat, suhu, dan tekanan selama produksi mungkin lebih berpengaruh terhadap nilai MoE daripada hanya komposisi bahan. Sebagai perbandingan, Maloney (1993) menyebutkan bahwa proses pengempaan yang tidak konsisten dapat mempengaruhi nilai MoE

secara signifikan. Ketidakteraturan tekanan dan suhu pengempaan dapat menyebabkan material tidak mencapai densitas dan elastisitas yang diinginkan, sehingga menghasilkan variasi hasil meskipun komposisinya sama.

2. Keteguhan Patah (Modulus of Rupture/MoR)

Keteguhan patah menggambarkan kapasitas material dalam menopang beban yang tegak lurus terhadap permukaannya (Soenardi, 2000). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MoR hasil tertinggi ditemukan pada perlakuan B (75% serbuk kayu karet dan 25% tandan kosong kelapa sawit) dengan rerata 36,724 kgf/cm². Namun, sama seperti MoE, tidak ada satupun perlakuan yang memenuhi kriteria SNI 03-2105-2006, yang menetapkan batas minimum untuk nilai MoR sebesar 82 kgf/cm². Rerata nilai MoR untuk setiap perlakuan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Rerata Nilai MoR

Proses pengempaan memegang peranan penting dalam menentukan nilai MoR. Maloney (1993) menyatakan bahwa tekanan dan suhu pengempaan harus dikontrol untuk mendapatkan hasil yang optimal. Proses yang tidak tepat dapat menyebabkan distribusi serat yang tidak merata dan menurunkan kekuatan mekanik papan. Oleh karena itu, kontrol yang cermat selama proses pengempaan sangat penting untuk mencapai nilai MoR yang lebih tinggi. Perbedaan hasil pada kelima perlakuan tersebut secara umum rentan terhadap pengaruh dari sisi internal dan eksternal. Zat ekstraktif dalam bahan baku dapat menjadi salah satu faktor internal. Faktor eksternal meliputi ukuran papan partikel, proses pengolahan papan partikel, dan ketidakrataan pencampuran serbuk dengan bahan pengikat. Sebagaimana dinyatakan oleh Maloney (1993), faktor seperti jenis dan komposisi perekat, daya rekatnya, serta panjang serat berpengaruh pada nilai MoR. Suhu serta tekanan selama pengempaan turut memengaruhi keteguhan lentur patah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh signifikan terhadap sifat fisika papan partikel, dengan kerapatan rata-rata 0,59 gr/cm³ dan kadar air 13,58%. Namun, pengembangan tebal meningkat seiring dengan penambahan tandan kosong kelapa sawit, menunjukkan kecenderungan menyerap air lebih banyak. Dari segi sifat mekanika, tidak ditemukan pengaruh signifikan terhadap Modulus Elastisitas (MoE) dengan rata-rata 2.163,393 kgf/cm² maupun Modulus Patah (MoR) yang memiliki rata-rata 24,417 kgf/cm². Jika dibandingkan dengan standar SNI 03-2105-2006, kerapatan dan kadar air papan partikel telah memenuhi standar, tetapi pengembangan tebal, MoE, dan MoR masih belum memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian, papan partikel dari campuran serbuk gergajian kayu karet dan tandan kosong kelapa sawit tidak direkomendasikan karena terdapat beberapa parameter yang masih belum memenuhi SNI 03-2105-2006. Kajian lebih mendalam direkomendasikan agar menemukan

komposisi dan jenis perekat yang optimal, dengan tujuan menghasilkan papan partikel yang tidak hanya memenuhi standar sifat fisika, tetapi juga sifat mekanik sesuai dengan standar industri (SNI). Upaya ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas papan partikel agar lebih kompetitif dan memenuhi standar yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmadi, S. S. 1973. *Industri Papan Serat Prospek dan Masalahnya*. Laporan No.7. Bogor: LPPHH.
- Astutik, S. P., et al. 2020. Sifat Fisik Papan Buatan dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Serbuk Gergajian Kayu Galam (*Melaleuca cajuputi* Powell).
- Boerhendhy, I., et al. 2001. Karakteristik Mutu dan Sifat Kayu Karet Klon Anjuran dan Harapan. *Prosiding Lokakarya Nasional Pemuliaan Karet*. Medan: Pusat Penelitian Karet.
- BSN. (2006). *SNI 03-2105-2006: Papan Partikel*. Badan Standardisasi Nasional.
- Cahyana, B. T. 2014. Sifat Fisik Mekanik Papan Partikel Tanpa Perekat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* acq). *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 6(1).
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017: Komoditas Karet*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Hanafiah, K. A. 2004. *Dasar-dasar Ilmu Tanah* (Vol. 2). Palembang.
- Haygreen, J. G., & Bowyer, J. L. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu* (Terj. Sutjipto A. H.). Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hesty. 2009. Pengaruh Kadar Perekat Urea Formaldehida pada Pembuatan Papan Partikel Serat Enceng Gondok. *Skripsi*. Medan: Fakultas FMIPA USU.
- Iswanto, A. H., et al. 2008. Pengaruh Kondisi Kempa terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*) yang Diberi Perlakuan Pendahuluan Asam dan Basa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 6(2), 84-93.

- Klilwon, S. 2002. Sifat Papan Partikel dari Kayu Mangium. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 20, 195-206.
- Maloney, T. M. 1993. *Modern Particleboard & Dry Process Fiberboard Manufacturing*. San Francisco: Miller Freeman Inc.
- Purwadi, S. 2017. Produk Kayu Olahan Unggulan Ekspor. *Kontan.co.id*.
- Soenardi, P. 2000. *Sifat Fisika Kayu*. Bahan Kuliah S2. Yogyakarta: Program Studi Ilmu Kehutanan, UGM.
- Ulfah, F., et al. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Serat Tandan Kosong Sawit (TKS) dan Serbuk Kayu terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanis Papan Partikel. *Jurnal Fisika*, 5(1), 113-120.