

PETALS: OPTIMASI DAN ANALISIS SIFAT FISIKA PADA PAPAN PARTIKEL BERBAHAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Syukratun Nufus ^{a*}, Muhammad Junjung Fajarna ^b, M.Firoz Rafif Mumtaz ^b

^a Universitas Sumatera Utara

^b SMAS Fatih Bilingual School

*Corresponding author: syukratunnufus@usu.ac.id

Abstract

Empty fruit bunches of oil palm (EFB) are abundant biomass waste from the palm oil industry and hold significant potential as an alternative raw material for particleboard. This study aims to examine the potential of EFB as a substitute material for particleboard production and to evaluate the physical and mechanical properties of EFB-based particleboards combined with wood sawdust and Polyvinyl Acetate (PVAc) adhesive. The research employed an experimental approach with four sample variations: S1 (70% wood sawdust), S2 (70% EFB), S3 (35% EFB + 35% wood sawdust), and S4 (50% EFB + 20% wood sawdust). All samples used 30% PVAc adhesive (% b/b). The manufacturing process included chopping, grinding, adhesive mixing, molding boards with dimensions of $15 \times 15 \times 1$ cm, and drying. Tests conducted included density, water absorption, thickness swelling, and modulus of rupture (MoR). The results showed that particleboard density ranged from $0.30\text{--}0.43$ g/cm³, with three samples (S1, S3, S4) meeting the Indonesian National Standard (SNI 03-2105-2006: $0.40\text{--}0.90$ g/cm³), while S2 did not. Water absorption values were considerably high, ranging from 51–135%, exceeding the ideal standard (10–30%), due to the hydrophilic nature of OPEFB fibers. Thickness swelling ranged from 10–30%, with only S3 (10%) complying with SNI requirements ($\leq 12\%$). For mechanical properties, the highest MoR was achieved by S2 (1.92 kgf/cm²), while the lowest was found in S1 (0.95 kgf/cm²), indicating that EFB significantly improved flexural strength. These findings demonstrate that EFB has strong potential as an eco-friendly raw material for particleboard, particularly in enhancing mechanical strength. However, significant weaknesses remain in terms of water absorption and dimensional stability, which far exceed standard requirements. Therefore, adhesive modification or chemical/thermal treatment of OPEFB is necessary to produce particleboards that meet both national and international standards.

Keywords: particleboard, oil palm empty fruit bunches (EFB), thickness swelling, modulus of rupture

Abstrak

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah biomassa yang melimpah dari industri kelapa sawit dan memiliki potensi besar sebagai bahan baku alternatif papan partikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi TKKS sebagai bahan baku alternatif pembuatan papan partikel dan mengevaluasi karakteristik fisika papan partikel berbasis TKKS dengan kombinasi serbuk kayu dan perekat Polyvinyl Acetate (PVAc). Penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan empat variasi sampel: S1 (70% serbuk kayu), S2 (70% TKKS), S3 (35% TKKS + 35% serbuk kayu), dan S4 (50% TKKS + 20% serbuk kayu). Semua sampel menggunakan perekat Polyvinyl Acetate (PVAc) sebesar 30% (% b/b). Proses pembuatan meliputi pencacahan, penghalusan, pencampuran perekat, pencetakan papan berukuran $15 \times 15 \times 1$ cm, dan pengeringan. Pengujian meliputi kerapatan, daya serap air, pengembangan tebal, serta keteguhan patah/Modulus of Rupture (MoR). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kerapatan papan partikel berkisar $0,30\text{--}0,43$ g/cm³, dengan tiga sampel (S1, S3, S4) memenuhi

standar SNI (0,40–0,90 g/cm³), sedangkan S2 tidak memenuhi. Uji daya serap air menunjukkan hasil yang sangat tinggi, berkisar 51–135%, jauh melebihi standar ideal (10–30%), dipengaruhi oleh sifat hidrofilik serat TKKS. Nilai pengembangan tebal berkisar 10–30%, dengan hanya S3 (10%) yang sesuai dengan SNI ($\leq 12\%$). Pada uji mekanis, keteguhan patah (MoR) tertinggi diperoleh pada S2 (1,92 kgf/cm²) dan terendah pada S1 (0,95 kgf/cm²), menunjukkan peran signifikan kandungan TKKS dalam meningkatkan kekuatan lentur. Dalam hal ini terbukti bahwa TKKS memiliki potensi sebagai bahan baku papan partikel ramah lingkungan, terutama dalam memperbaiki kekuatan mekanis. Namun, kelemahan signifikan masih terdapat pada daya serap air dan stabilitas dimensi yang jauh di atas standar, sehingga diperlukan upaya modifikasi perekat atau perlakuan kimia/termal terhadap TKKS untuk menghasilkan papan partikel sesuai standar nasional maupun internasional.

Kata Kunci: papan partikel, tandan kosong kelapa sawit, pengembangan tebal, keteguhan patah

Pendahuluan

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan dalam sektor perkebunan yang memiliki kontribusi signifikan terhadap perekonomian Indonesia. Data dari Kementerian Pertanian yang dihimpun oleh Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa pada tahun 2022 luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 14,9 juta hektar. Pada tahun yang sama, total produksi kelapa sawit nasional tercatat sebesar 45,58 juta ton, meningkat sebesar 1,02% dibandingkan tahun sebelumnya yang sebesar 45,12 juta ton (BPS, 2022). Pertumbuhan pesat ini tidak hanya menyumbang terhadap devisa negara, tetapi juga menyerap lebih dari 16 juta tenaga kerja secara langsung maupun tidak langsung, serta menjadi sumber penghidupan bagi jutaan petani sawit di berbagai provinsi.

Namun demikian, di balik kontribusinya yang besar terhadap pertumbuhan ekonomi nasional, industri kelapa sawit juga menyisakan persoalan serius dalam aspek lingkungan dan keberlanjutan. Salah satu masalah utama yang dihadapi adalah tingginya volume limbah padat yang dihasilkan selama proses pengolahan. Limbah kelapa sawit adalah sisa-sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit (Haryanti dkk., 2014), seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), limbah cangkang, sabut, lumpur sawit, serta limbah cair lainnya. TKKS merupakan residu biomassa padat yang dihasilkan setelah buah sawit dipisahkan dari tandan utamanya dalam proses pengolahan CPO. Hasil kajian menunjukkan bahwa dari setiap 1 ton tandan buah segar (TBS) kelapa sawit, sekitar 23% atau setara dengan 230 kg merupakan limbah TKKS (Mandiri, 2012). Jika tidak dikelola secara tepat, limbah ini dapat menimbulkan dampak ekologis yang merugikan, seperti pencemaran lahan dan air, serta pelepasan emisi gas rumah kaca jika dibakar secara terbuka.

Di sisi lain, jika ditinjau dari perspektif teknologi material dan keberlanjutan, TKKS menyimpan potensi besar untuk diolah menjadi produk bernilai tambah. Salah satu karakteristik utama TKKS adalah tingginya kandungan lignoselulosa, yaitu senyawa kompleks terdiri dari selulosa (30–50%), hemiselulosa, dan lignin (13–30%) (Mahmuda, 2016; Rezki, 2023). Lignoselulosa merupakan komponen utama yang dibutuhkan dalam pembuatan papan komposit seperti papan partikel (*particle board*), karena mampu memberikan kekuatan mekanik dan struktur fisik yang stabil. Oleh karena itu, pemanfaatan TKKS sebagai bahan baku papan partikel merupakan solusi yang tidak

hanya mengatasi permasalahan limbah, tetapi juga mendukung pengembangan industri bahan bangunan alternatif yang berbasis biomassa.

Papan partikel merupakan salah satu jenis panel kayu olahan yang umum digunakan dalam industri furnitur, konstruksi bangunan, dan interior. Produk ini biasanya terbuat dari serbuk kayu atau residu pengolahan kayu yang dicampur dengan bahan perekat sintetis kemudian dipres dalam tekanan dan suhu tertentu. Seiring meningkatnya permintaan global terhadap produk berbasis kayu dan menurunnya ketersediaan kayu alam akibat deforestasi, papan partikel menjadi solusi praktis karena memanfaatkan limbah kayu yang sebelumnya tidak memiliki nilai ekonomis tinggi (Anggraini, 2021). Dalam konteks keberlanjutan, pemanfaatan limbah pertanian seperti TKKS sebagai bahan alternatif dalam pembuatan papan partikel menawarkan keuntungan ganda: mengurangi tekanan terhadap hutan alam sekaligus mendaur ulang limbah biomassa.

Menurut Purba (2018), bahan non-kayu dapat digunakan sebagai pengganti bahan baku papan partikel selama memiliki kandungan lignoselulosa yang memadai. Oleh karena itu, TKKS yang melimpah di daerah-daerah penghasil sawit dapat menjadi substitusi yang relevan bagi serbuk kayu dalam industri panel komposit. Selain sebagai solusi teknis, pendekatan ini juga memberikan peluang ekonomi bagi petani dan pelaku usaha kecil di sektor hilir industri sawit. Produk papan partikel dari TKKS dapat dikembangkan untuk memenuhi permintaan pasar domestik, terutama sektor konstruksi perumahan dan furnitur berbiaya rendah. Di tingkat global, tren terhadap material bangunan yang ramah lingkungan dan bersertifikat keberlanjutan semakin meningkat, sehingga papan berbasis limbah pertanian seperti TKKS memiliki potensi ekspor yang menjanjikan (Raharjo, 2020).

Pembuatan papan partikel memerlukan bahan perekat untuk mengikat partikel secara kuat dan stabil. Salah satu perekat yang paling umum digunakan dalam industri ini adalah *Polyvinyl Acetate* (PVAc), yaitu polimer termoplastik berbasis vinil yang dikenal memiliki daya rekat tinggi, tidak berbau, tidak mudah terbakar, dan aman bagi kesehatan (Hanif & Rozalina, 2020). PVAc juga mudah diaplikasikan dan dapat meningkatkan sifat mekanik produk, seperti daya tahan terhadap kelembapan dan kekuatan lentur (Sriyanti & Marlina, 2014). Dalam konteks pengolahan papan partikel dari TKKS, penggunaan PVAc menjadi opsi yang efisien dari sisi biaya dan teknis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan TKKS sebagai bahan alternatif dalam pembuatan papan partikel melalui pendekatan eksperimental dan uji sifat fisika. Beberapa parameter yang digunakan untuk menilai kualitas papan partikel meliputi kerapatan, daya serap air, pengembangan tebal, serta keteguhan patah (*Modulus of Rupture/MoR*). Penelitian ini juga membandingkan papan partikel berbahan TKKS dengan papan berbahan dasar serbuk kayu untuk menilai efektivitasnya sebagai bahan pengganti.

Dengan demikian, fokus utama penelitian ini adalah menjawab pertanyaan apakah TKKS dapat diolah menjadi papan partikel yang memiliki performa fisik sebanding atau bahkan lebih baik dari papan konvensional, serta sejauh mana material ini dapat memenuhi standar mutu nasional untuk produk kayu olahan. Selain sebagai kontribusi terhadap pengelolaan limbah sawit yang lebih berkelanjutan, hasil penelitian ini diharapkan mampu mendorong inovasi dalam pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan baku industri hijau di masa depan.

Metodologi Penelitian

Alat dan Bahan

Pada penelitian ini yang akan menjadi bahan utama adalah TKKS yang telah dipisahkan dari buah segar kelapa sawit yang diambil dari perkebunan kelapa sawit PT. Socfindo Nagan Raya, setelah dipisahkan dari limbahnya TKKS akan dipotong dengan panjang kurang lebih 2-3 cm dan dihancurkan kembali dengan menggunakan blender agar TKKS menjadi serbuk dan menggunakan serbuk kayu sebagai bahan pembanding. Perekat yang digunakan adalah *Polyvinyl Acetate* (PVAc), komersial berbentuk emulsi putih, yang dicampur dengan aquades untuk melarutkan dan menyesuaikan konsistensinya. Alat-alat yang digunakan meliputi parang atau alat pemotong, blender, ayakan, cetakan papan berukuran $15 \times 15 \times 1$ cm, timbangan digital, alat ukur dimensi (jangka sorong) dan alat pengujji beban lentur (uji MoR manual).

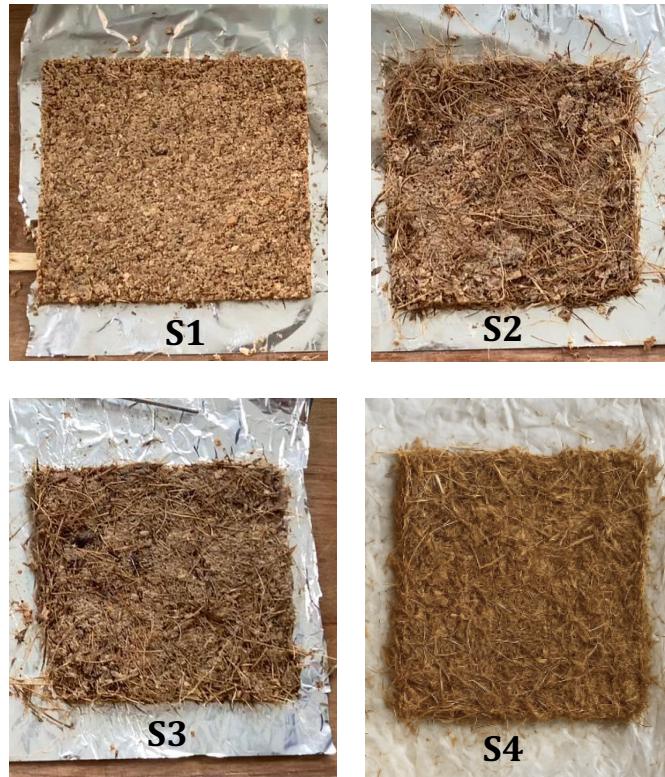
Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium dengan empat variasi komposisi bahan baku papan partikel. Semua sampel menggunakan konsentrasi perekat PVAc yang tetap, yaitu 30% dari total massa bahan dalam satuan persen berat (% b/b), dengan memvariasikan proporsi TKKS dan serbuk kayu. Bahan perekat tersebut juga perlu dicairkan dengan aquades dengan nilai konsentrasi 15% dari berat PVAc. Sampel penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 4 sampel dengan konsentrasi masing-masing sampel ditunjukkan pada Tabel 1 dengan 4 variasi sampel dengan PVAc sebanyak 30% pada masing-masing sampel, campuran limbah pada masing-masing sampel yaitu, S1: 70% serbuk kayu; S2: TKKS 70%; S3: campuran 35% TKKS dan 35% serbuk kayu; S4: TKKS 50% dan 20% serbuk kayu S1 adalah sampel yang dijadikan sebagai kontrol atau pembanding dengan variasi konsentrasi yang diberikan. Bahan baku yang digunakan pada S1 yaitu serbuk kayu merupakan bahan yang biasa digunakan secara konvensional pada pembuatan papan partikel. Nilai yang didapatkan pada S2, S3, dan S4 akan dibandingkan dengan S1.

Tabel 1. Komposisi Sampel Papan Partikel

Kode Sampel	TKKS (% b/b)	Serbuk Kayu (% b/b)	PVAc (%)
S1	0	70	30
S2	70	0	30
S3	35	35	30
S4	50	20	30

Papan partikel dicetak dengan cetakan yang memiliki dimensi $15 \times 15 \times 1$ cm. Kemudian sampel yang dicetak diberikan tekanan untuk memastikan sampel yang dicetak dalam keadaan cukup padat lalu dikeringkan di bawah terik matahari selama 2 jam. Papan partikel yang telah tercetak dikeluarkan dari cetakannya lalu dikering anginkan selama 2x24 jam. Hasil cetak papan partikel pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Hasil Cetak Papan Partikel

Untuk mengetahui keberhasilan dari penggunaan papan partikel dari tandan kosong, maka dilakukannya beberapa pengujian fisika untuk melihat kualitas dari papan partikel. Pengujian ini meliputi pengujian kerapatan papan partikel, daya serap air, pengembangan tebal, dan keteguhan patah (MoR). Nilai hasil pengujian ini akan dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105-2006) atau referensi lainnya.

Kerapatan (Density)

Uji kerapatan suatu benda merupakan suatu metode untuk menentukan massa per satuan volume dari benda tersebut. Rumus kerapatan didefinisikan sebagai massa benda dibagi oleh volume benda. Kerapatan sering diukur dalam satuan kilogram per meter kubik (kg/m^3) atau gram per sentimeter kubik (g/cm^3), tergantung pada sistem satuan yang digunakan. Uji kerapatan membantu karakterisasi materi dengan menentukan massa per satuan volume, sehingga memberikan gambaran tentang sejauh mana partikel atau molekul terkonsentrasi dalam suatu ruang. Uji ini bisa dihitung menggunakan persamaan di bawah ini, dimana ρ adalah kerapatan (g/cm^3), m adalah massa sampel uji kering udara (g), dan V adalah volume sampel uji kering udara (cm^3).

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Daya Serap Air

Uji daya serap air adalah suatu metode untuk menilai kemampuan suatu bahan atau material dalam menyerap air. Proses ini melibatkan pengukuran sejauh mana bahan dapat menyerap atau menahan air dalam kondisi tertentu. Hasil uji ini memberikan informasi penting tentang sifat hidrofilik (kecenderungan menyerap air) atau hidrofobik (kecenderungan menolak air) suatu material. Uji daya serap air biasanya melibatkan pemaparan bahan pada air atau kelembapan dalam kondisi tertentu, dan kemudian mengukur jumlah air yang diserap oleh bahan tersebut. Data ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti pengembangan material tahan air perancangan pakaian, atau pengembangan produk dengan sifat tertentu terkait air. Daya serap air akan dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini, dimana DSA adalah daya serap air (% b/b), $B1$ adalah berat sebelum perendaman (g), dan $B2$ adalah berat setelah perendaman (g).

$$DSA = \frac{(B2 - B1)}{B1} \times 100\%$$

Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal adalah kemampuan papan untuk menyerap air yang diukur berdasarkan penambahan tebal sebelum dan sesudah perendaman. Perubahan ketebalan papan partikel sebagai respons terhadap kelembapan dipengaruhi oleh tingkat kerapatan dan kemampuan material dalam menyerap air. Papan partikel dengan kerapatan tinggi cenderung memiliki daya serap air yang lebih rendah dibandingkan dengan papan yang memiliki kerapatan lebih rendah (Abdulkareem & Adeniyi, 2017). Pengujian pengembangan tebal dilakukan dengan melakukan perendaman terhadap papan selama 24 jam. Hal ini berdasarkan pengujian dalam standar SNI 03-2105-2006. Nilai pengembangan tebal dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini, dimana P_t adalah nilai pengembangan tebal (%v/v), t_2 adalah nilai tebal sampel setelah direndam (cm), sedangkan t_1 adalah nilai tebal sampel sebelum direndam (cm).

$$P_t = \frac{(t_2 - t_1)}{t_1} \times 100\%$$

Keteguhan Patah (MoR)

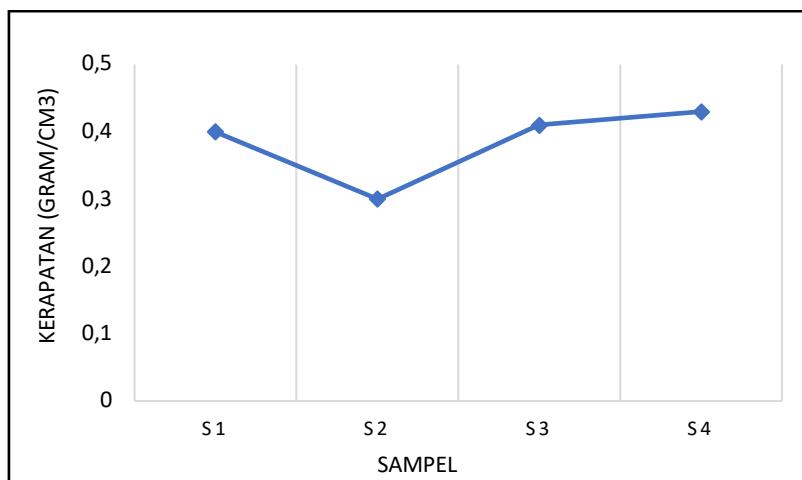
Keteguhan patah adalah keadaan dimana gaya yang diberikan pada suatu benda diperbesar sampai mencapai batas maksimum, maka akan terjadi perubahan dimensi pada kayu tersebut, artinya bahwa apabila beban atau gaya tersebut dilepas maka kayu tidak akan kembali pada keadaan semula dan bila diteruskan akan terjadi keputihan atau *Modulus of Rupture* (MoR) (Sastradimadja, 1988). Keteguhan Patah dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini, dimana MoR adalah keteguhan patah (g/cm^2), P adalah beban maksimum pada balok (kgf), L adalah panjang bentang (cm), b adalah lebar gelagar (cm), dan d adalah tinggi gelagar (cm).

$$MoR = \frac{1.5PL}{bd^2}$$

Hasil dan Pembahasan

Kerapatan

Kerapatan merupakan salah satu parameter penting dalam menilai kualitas papan partikel, karena berpengaruh langsung terhadap kekuatan mekanik dan kestabilan dimensi produk. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan berkisar antara $0,30 \text{ g/cm}^3$ hingga $0,43 \text{ g/cm}^3$ (Gambar 2). Nilai tertinggi tercatat pada S4 yang memiliki komposisi 50% TKKS dan 20% serbuk kayu, sedangkan nilai terendah ditemukan pada S2 yang seluruhnya menggunakan TKKS sebagai bahan utama (70%) tanpa tambahan serbuk kayu.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kerapatan Sampel

Berdasarkan SNI 03-2105-2006, nilai kerapatan papan partikel yang dianjurkan berada pada kisaran $0,40\text{--}0,90 \text{ g/cm}^3$. Tiga dari empat sampel dalam penelitian ini yakni S1, S3, dan S4 memenuhi standar tersebut. Adapun pada S2 menunjukkan nilai kerapatan di bawah standar, yang dapat diasosiasikan dengan rendahnya densitas dan kapasitas ikatan antar partikel pada komposisi berbasis TKKS murni. Nilai kerapatan yang tidak terlalu berbeda pada masing-masing sampel menunjukkan bahwa perlakuan campuran bahan TKKS dan serbuk kayu tidak memiliki pengaruh yang signifikan pada kerapatan papan partikel

Rendahnya nilai kerapatan pada S2 mengindikasikan bahwa struktur internal papan bersifat lebih berongga akibat kurangnya ikatan antar partikel. Abdurachman dan Hadjib (2011), mengemukakan bahwa kerapatan papan partikel dipengaruhi oleh struktur bentuk fisik bahan baku partikel yang digunakan. Terlihat pada struktur fisik S2 yang mana serat limbah TKKS cenderung lebih kasar dan kurang kompak atau kurang mengikat antar partikelnya, jika sama sekali tidak ada campuran dengan serbuk kayu halus. Sebaliknya, sampel yang mengandung serbuk kayu dalam jumlah signifikan memperlihatkan ikatan yang lebih padat dan merata, sehingga menghasilkan kerapatan yang lebih tinggi. Hasil ini sejalan dengan temuan Buwang Raharjo (2020), yang menunjukkan bahwa kombinasi antara limbah pertanian dan bahan kayu dapat meningkatkan kualitas fisik papan partikel.

Daya Serap Air

Daya serap air merupakan parameter yang menggambarkan seberapa besar kemampuan papan partikel dalam menyerap air atau kelembapan dari lingkungan

sekitarnya. Pada proses pengujian dalam penelitian ini, menggunakan metode perendaman papan partikel di dalam air dan tidak menghiraukan kelembapan udara. Papan partikel dengan daya serap tinggi cenderung memiliki umur pakai yang lebih pendek. Idealnya, nilai daya serap air untuk papan partikel berada di kisaran 10–30% (Anggraini, 2021). Namun, hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sampel papan partikel dalam penelitian ini memiliki daya serap air yang melebihi kadar ideal tersebut, dengan rentang nilai 51% sampai 135% seperti yang terlihat pada Gambar 3.

Dalam hasil pengujian juga menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara nilai kerapatan dengan daya serap air pada papan partikel berbahan TKKS dan serbuk kayu. Sampel dengan kerapatan lebih tinggi cenderung memiliki daya serap air lebih rendah, sementara kerapatan yang rendah menghasilkan daya serap air lebih tinggi. Pada S1 ($0,40 \text{ g/cm}^3$) daya serap air mencapai 122%, sedangkan pada S2 ($0,30 \text{ g/cm}^3$) yang memiliki kerapatan terendah, daya serap meningkat hingga 135%. Hal ini sejalan dengan konsep dasar bahwa material dengan kerapatan rendah memiliki porositas lebih besar, sehingga rongga antar partikel memungkinkan penetrasi air lebih banyak (Haygreen & Bowyer, 1996). Sebaliknya, S3 ($0,41 \text{ g/cm}^3$) menunjukkan penurunan daya serap menjadi 81%, dan S4 ($0,43 \text{ g/cm}^3$) yang memiliki kerapatan tertinggi menunjukkan daya serap paling rendah, yaitu 51%. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Abdulkareem & Adeniyi (2017), yang melaporkan bahwa peningkatan densitas papan partikel dapat meningkatkan ketahanan terhadap penetrasi air.

Namun demikian, meskipun terdapat tren penurunan daya serap air pada sampel dengan kerapatan tinggi, seluruh sampel penelitian ini masih menunjukkan nilai di atas standar ideal (10–30%) sebagaimana dilaporkan oleh Anggraini (2021). Hal ini dapat dijelaskan oleh sifat dasar hidrofilik dari TKKS, yang memiliki kandungan selulosa (30–50%) dan hemiselulosa cukup tinggi. Komponen ini memiliki gugus hidroksil yang mudah berikatan dengan molekul air sehingga meningkatkan kemampuan penyerapan air (Mahmuda, 2016).

Selain itu, penggunaan perekat Polyvinyl Acetate (PVAc) juga turut mempengaruhi tingginya daya serap air. PVAc dikenal sebagai perekat berbasis air yang memiliki kelemahan dalam ketahanan terhadap kelembapan, sehingga papan partikel yang dihasilkan lebih rentan menyerap air (Rowell, 2). Tidak digunakannya perlakuan tambahan seperti penambahan wax atau resin sintetis (melamin-urea-formaldehida) juga memperburuk sifat ketahanan terhadap air. Maloney (1977) menjelaskan bahwa perlakuan kimia tambahan diperlukan untuk menurunkan nilai penyerapan air dan pengembangan tebal papan partikel.

Dengan demikian, meskipun TKKS berpotensi sebagai bahan alternatif dalam pembuatan papan partikel ramah lingkungan, tingginya daya serap air menunjukkan bahwa diperlukan perlakuan lanjutan atau modifikasi bahan untuk meningkatkan kualitas papan partikel, khususnya dalam hal ketahanan terhadap kelembapan.

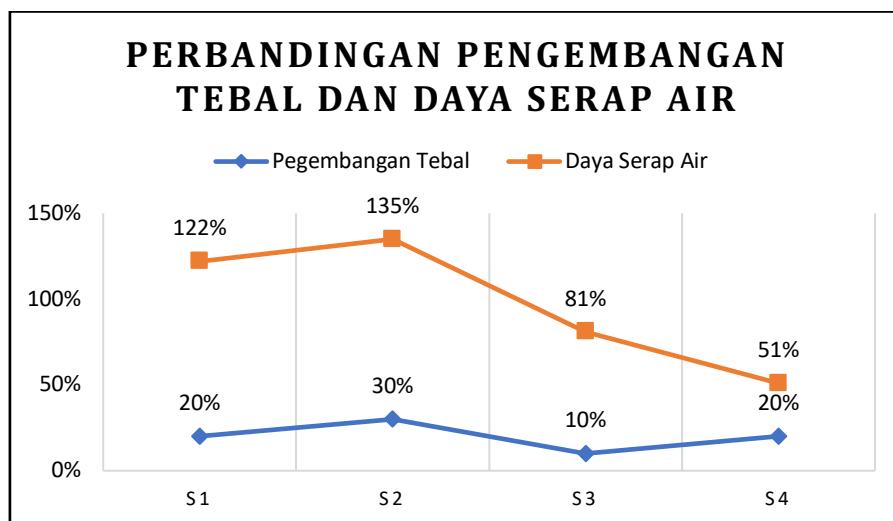
Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal merupakan indikator perubahan dimensi papan akibat penyerapan air, yang secara langsung berhubungan dengan kestabilan dimensi material. Semakin besar nilai pengembangan tebal, maka semakin rendah kestabilan papan terhadap kelembapan. Berdasarkan ketentuan SNI 03-2105-2006, batas maksimum pengembangan tebal papan partikel setelah perendaman air selama 24 jam adalah 12%. Hasil uji pengembangan tebal ditunjukkan pada Gambar 3, yang mana menunjukkan

variasi yang cukup signifikan antar sampel. S1 dan S4 memiliki nilai pengembangan tebal sebesar 20%, S2 sebesar 30%, sementara S3 menunjukkan nilai terendah yaitu 10%, yang merupakan satu-satunya sampel yang memenuhi standar SNI 03-2105-2006, yaitu maksimal 12%.

Secara umum, terdapat hubungan erat antara daya serap air dengan pengembangan tebal (Gambar 3). Semakin besar kemampuan papan partikel menyerap air, maka semakin tinggi pula tingkat pengembangannya. Hal ini terbukti pada S2, yang memiliki daya serap air tertinggi (135%) dan menghasilkan pengembangan tebal terbesar (30%). Sebaliknya, S3 dengan daya serap air yang lebih rendah (81%) menunjukkan pengembangan tebal paling kecil (10%). Fenomena ini konsisten dengan pendapat Haygreen & Bowyer (1996), yang menyatakan bahwa pengembangan tebal papan partikel dipengaruhi oleh porositas material serta ikatan internal antar partikel yang melemah akibat penyerapan air.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa daya serap air berbanding lurus dengan pengembangan tebal pada papan partikel berbasis TKKS. Upaya untuk mengurangi kedua nilai tersebut perlu difokuskan pada peningkatan jenis perekat dan perlakuan serat, agar papan partikel memenuhi standar kualitas nasional maupun internasional.



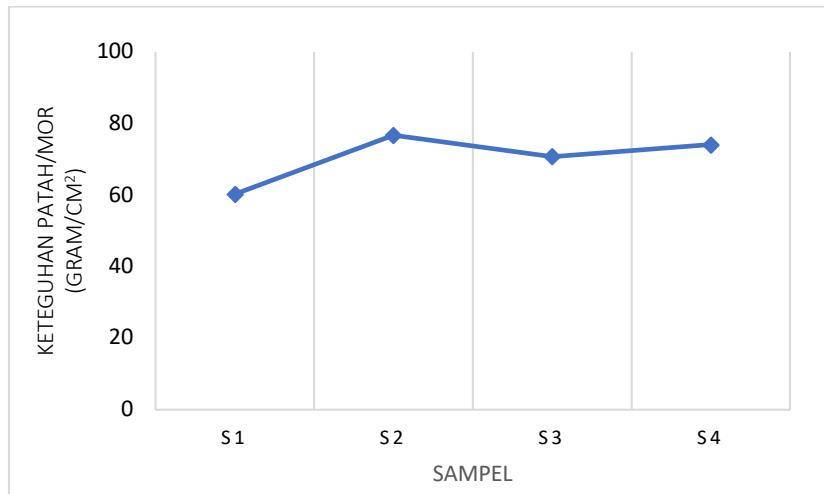
Gambar 3. Grafik Perbandingan Hasil Uji Daya Serap Air dan Pengembangan Tebal

Keteguhan Patah

Keteguhan patah atau *Modulus of Rupture* (MoR) adalah parameter mekanik yang menunjukkan sejauh mana papan partikel mampu menahan beban lentur sebelum mengalami kegagalan struktural. Semakin tinggi nilai MoR, maka semakin baik daya tahan lentur papan terhadap gaya eksternal. Berdasarkan hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4, S2 dengan komposisi 70% TKKS dan tanpa serbuk kayu memiliki nilai MoR tertinggi, sementara S1 dengan 70% serbuk kayu menunjukkan nilai MoR terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa serat TKKS memberikan kontribusi yang cukup besar dalam meningkatkan kekuatan lentur papan partikel dibandingkan serbuk kayu.

Fenomena ini dapat dijelaskan melalui karakteristik serat TKKS yang memiliki struktur panjang dan berserat kasar, sehingga memberikan efek penguatan lebih baik dalam matriks papan. Sastradimadja (1988) menyatakan bahwa keteguhan patah

ditentukan oleh kemampuan material dalam menahan gaya hingga batas maksimum sebelum terjadi perubahan bentuk permanen. Dengan demikian, semakin baik ikatan antar partikel dan distribusi serat dalam matriks perekat, semakin tinggi pula nilai MoR yang diperoleh.



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Keteguhan Patah (MoR) Sampel

Namun, meskipun nilai MoR pada S2 lebih tinggi, sifat ini tidak dapat dipisahkan dari kerapatan dan daya serap air (Tabel 2). Kerapatan yang rendah pada S2 (0,30 g/cm³) seharusnya menurunkan kekuatan papan, namun tingginya proporsi TKKS yang memiliki sifat mekanis lebih baik dibandingkan serbuk kayu menjadikan nilai MoR tetap tinggi. Sebaliknya, S1 yang memiliki kerapatan 0,40 g/cm³ tetapi lebih banyak serbuk kayu, menghasilkan kekuatan patah yang lebih rendah karena ukuran serbuk yang halus menyebabkan ikatan mekanis antar partikel lebih lemah.

Keterkaitan dengan daya serap air dan pengembangan tebal juga penting untuk dicatat. Sampel dengan daya serap air tinggi (S2) rentan terhadap penurunan kekuatan mekanis dalam kondisi basah, meskipun nilai MoR awalnya tinggi. Hal ini konsisten dengan pendapat Rowell (2005) yang menjelaskan bahwa sifat mekanis papan partikel dapat berkurang drastis ketika kadar air meningkat, akibat melemahnya ikatan perekat berbasis PVAc.

Tabel 2. Nilai Hasil Uji Fisik dan Mekanik Pada Empat Sampel Papan Partikel

Sampel	Jenis Uji Fisik dan Mekanik Pada Papan Partikel			
	Kerapatan (g/cm ³)	Pegembangan Tebal (%V/V)	Daya Serap Air (%b/b)	Keteguhan Patah (MoR)
S1	0,40	20%	122%	60,25
S2	0,30	30%	135%	76,71
S3	0,41	10%	81%	70,76
S4	0,43	20%	51%	74,04
Referensi Standar	SNI 03-2105-2006	SNI 03-2105-2006	Anggraini, 2021	SNI 03-2105-2006
	0,40-0,90 g/cm ³	12%	10-30%	Min. 82 kg/cm ²

Perbandingan nilai pada masing-masing hasil uji dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil yang didapat maka dapat disimpulkan bahwa meskipun TKKS memberikan potensi peningkatan keteguhan patah, sifat hidrofilik bahan dan penggunaan perekat yang tidak tahan air menjadi faktor pembatas utama. Upaya peningkatan kualitas papan partikel perlu diarahkan pada penggunaan perekat tahan air (misalnya urea formaldehida atau melamin urea formaldehida) serta perlakuan kimia serat untuk mengurangi sifat hidrofilik TKKS. Dengan demikian, papan partikel yang dihasilkan tidak hanya kuat secara mekanis tetapi juga stabil secara dimensi dan tahan terhadap kelembapan (Maloney, 1977; Sastradimadja, 1988).

Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) berpotensi digunakan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan papan partikel, meskipun masih terdapat beberapa keterbatasan. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai kerapatan papan partikel berada pada rentang $0,30\text{--}0,43\text{ g/cm}^3$, dengan tiga dari empat sampel memenuhi standar SNI 03-2105-2006 ($0,40\text{--}0,90\text{ g/cm}^3$). Daya serap air papan partikel masih sangat tinggi (51–135%), jauh melebihi standar ideal (10–30%), akibat sifat hidrofilik serat TKKS dan keterbatasan perekat PVAc yang kurang tahan terhadap kelembapan.

Pengujian pengembangan tebal memperlihatkan bahwa hanya satu sampel (S3, 10%) yang memenuhi batas standar SNI ($\leq 12\%$), sedangkan sampel lain menunjukkan nilai 20–30% yang dipengaruhi oleh tingginya daya serap air. Sementara itu, uji keteguhan patah (MoR) mengindikasikan bahwa komposisi TKKS lebih tinggi dapat meningkatkan kekuatan lentur papan partikel dibandingkan serbuk kayu, meskipun sifat ini berpotensi menurun apabila papan terpapar kelembapan tinggi.

Secara keseluruhan, pemanfaatan TKKS dalam pembuatan papan partikel berkontribusi pada diversifikasi pemanfaatan limbah kelapa sawit serta pengurangan ketergantungan terhadap kayu. Namun, untuk meningkatkan kualitas produk agar sesuai dengan standar nasional, perlu dilakukan modifikasi bahan atau penggunaan perekat tahan air, serta perlakuan tambahan terhadap serat TKKS guna menekan sifat hidrofiliknya dan meningkatkan stabilitas dimensi.

Conflict of Interest

Peneliti menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan (*Conflict of Interest*) dalam pelaksanaan dan penyusunan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abdulkareem, S. A., & Adeniyi, A. G. (2017). Production of particle boards using polystyrene and bamboo wastes. *Nigerian Journal of Technology*, 36(3), 788-793.
- Abdurachman, A., & Hadjib, N. (2011). Sifat papan partikel dari kayu kulit manis (*Cinnamomum burmanii* BL). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(2), 128-141.
- Anggraini, N. (2021). Potensi lignoselulosa TKKS untuk papan partikel. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*, 15(2), 123–130.

Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). *Statistik kelapa sawit Indonesia 2022*. Jakarta: BPS.

Hanif, L., & Rozalina, R. (2020). Perekat Polyvinyl Acetate (Pvac). *Akar*, 2(1), 46-55.

Haryanti, A., Norsamsi, N., Sholiha, P. S. F., & Putri, N. P. (2014). Studi pemanfaatan limbah padat kelapa sawit. *Konversi*, 3(2), 20-29.

Haygreen, J. G., & Bowyer, J. L. (1996). Forest products and wood science: an introduction.

Mahmuda, N. (2016). *Kandungan lignoselulosa TKKS dan potensinya sebagai bahan papan partikel* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Jember.

Maloney, T. M. (1977). *Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing* (pp. 672-pp).

Mandiri, H. (2012). Pengaruh limbah padat kelapa sawit terhadap lingkungan. *Jurnal Lingkungan Tropis*, 8(1), 25–32.

Purba, D. A. (2018). *Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dari Beberapa Bahan Berlignoselulosa dengan Perekat Isosianat* (Doctoral dissertation).

Raharjo, B. (2020). Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan pengganti alternatif papan partikel. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(1), 1-9.

Rezki, M. A. (2023). Karakteristik serat TKKS dan aplikasinya sebagai komposit bangunan. *Jurnal Material Terapan*, 7(1), 35–42.

Rowell, R. M. (2005). *Handbook of wood chemistry and wood composites*. CRC press.

Sastradimadja, E. (1988). Papan Majemuk (Composite Board) Seri Papan Semen (Curent Board). *Fakultas Kehutanan Universitas Mulawar-man, Samarinda*.

SNI 03-2105-2006. (2006). *Papan partikel – Spesifikasi*. Badan Standardisasi Nasional.

Sriyanti, D., & Marlina, L. (2014). Pengaruh perekat PVAc terhadap kekuatan papan partikel dari limbah pertanian. *Jurnal Rekayasa Hasil Pertanian*, 10(2), 78–84.