

Contents list available at [Sinta](https://sinta)**ARMATUR**

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>**Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Limbah Jagung Berperekat Kitosan Sebagai Kandidat Material Lantai Bagasi Mobil****Haikal Zaki Muttaqin^{1*}, Kardiman², Lilik Astari³**^{1,2}Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia³Research Center for Biomass and Bioproducts, National Research and Innovation Agency (BRIN), KST BJ Habibie, Tangerang Selatan, Banten 15314, Indonesia*ARTICLE INFO**Keywords:**Particleboard**Corn stalk waste**Chitosan adhesive**Physical properties**Mechanical properties**ABSTRACT*

*The increasing demand for particleboard has driven the search for more environmentally friendly and sustainable raw material sources. Corn stalk waste has the potential to be used as a raw material for particleboard due to its significant content of cellulose, hemicellulose, and lignin. This study aims to assess the effect of chitosan on the physical and mechanical properties of particleboard made from corn stalk waste. The novelty of this study lies in the use of chitosan as a natural adhesive for corn stalk-based particleboard. The aim is to investigate the effect of chitosan adhesive concentration on the physical and mechanical properties of single-layer particleboard made from corn stalk waste (*Zea mays L.*), a candidate material for car trunk flooring. Corn stalk particles were bonded with chitosan adhesive at concentrations of 20%, 25%, and 30%, then hot-pressed at 180°C and 30 MPa for 10 minutes. Testing was conducted in accordance with JIS A 5908:2003 standards. The density values for all treatments ranged between 0.46–0.49 g/cm³ and met existing criteria, categorizing the resulting boards as medium-density particleboard. The moisture content obtained was 11.57%, 11.20%, and 14.55% for chitosan concentrations of 20%, 25%, and 30%, respectively. These results indicate that increasing the chitosan concentration from 20% to 25% tends to reduce the moisture content. Water absorption (235.6–286.4%) and thickness swelling (41.0–58.3%) remained relatively high, indicating low dimensional stability of the boards. At 25% chitosan concentration, the value was 478 N/mm², while the lowest value was at 30% chitosan, at 347 N/mm². On the other hand, the highest Modulus of Rupture (MOR) was achieved at 30% chitosan content, showing a value of 4.19 N/mm², while the lowest value was at 25% chitosan, which was 4.00 N/mm². These findings indicate that increasing the chitosan adhesive content does not always have a positive effect on the mechanical properties of particleboard consistently, because there is a certain concentration that provides the best interparticle bond.*

*Corresponding author: 2210631150131@students.unsika.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.11502>

Received 19 May 2026; Received in revised form 25 May 2026; Accepted 4 June 2026

Available online 1 September 2026

Pendahuluan

Peningkatan kebutuhan akan material konstruksi sedang mendorong lonjakan permintaan papan partikel. Berdasarkan informasi dari *Food and Agriculture Organization* (FAO), jumlah produksi papan partikel secara global naik dari 96,78 juta m³ pada tahun 2022 menjadi 116,61 juta m³ di tahun 2023 [1]. Kondisi ini menunjukkan perlunya pencarian bahan baku alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan [2]. Salah satu bahan yang memiliki potensi untuk digunakan adalah limbah dari batang jagung. Batang jagung mengandung 42,6% selulosa, 26,10% hemiselulosa, dan 8,13% lignin, sehingga bisa dijadikan bahan baku untuk papan partikel [3]. Namun, sampai saat ini, pemanfaatan limbah tersebut belum dioptimalkan [4].

Di samping komponen utama, jenis perekat juga memengaruhi mutu papan partikel. Perekat sintetis memiliki beberapa kelemahan, salah satunya adalah mengandung formaldehida yang tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu, kitosan dapat menjadi alternatif sebagai perekat alami, karena memiliki sifat bioadhesif, biodegradable, serta menunjukkan aktivitas antimikroba [5].

Terdapat beberapa penelitian yang mengeksplorasi penggunaan limbah sektor pertanian untuk menghasilkan papan partikel, namun penelitian mengenai penggunaan batang jagung dengan kitosan sebagai perekat masih terbatas. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penggunaan kitosan sebagai perekat dalam papan partikel yang berbasis limbah batang jagung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dampak kitosan terhadap karakteristik fisik dan mekanik papan partikel [6].

Metode penelitian

waktu dan lokasi. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan, mulai dari November 2025 sampai dengan Mei 2026 di Laboratorium Polimer dan Kimia, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN),

Kawasan Sains dan Teknologi (KST) B.J. Habiebie, Jalan Puspiptek, Muncul, Kecamatan Serpong, Kota Tangerang Selatan 15314.

Alat dan bahan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah partikel batang jagung (*Zea mays* L). Serta perekat kitosan (Cangkang udang) dan. Alat yang digunakan adalah mesin *hammer mill*, mesin pengayak, mesin potong, *universal testing machine*, mesin *hotpress*, mesin *mixer* timbangan digital, jangka sorong, cetakkan aluminium 30x30 cm, gelas beaker.

Persiapan bahan baku. Batang jagung dipotong menggunakan golok sepanjang sekitar 7 cm, lalu dibersihkan dari sisa-sisa daunnya. Kemudian, batang jagung tersebut dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari agar kadar airnya berkurang. Setelah proses pengeringan, batang jagung dihancurkan menggunakan mesin *hammer mill* sampai berbentuk partikel, dan dijemur kembali di bawah sinar matahari selama satu minggu. Setelah dijemur, serat dari batang jagung tersebut dioven pada suhu 105°C selama 24 jam. Partikel batang jagung selanjutnya disaring untuk memperoleh ukuran rasio partikel 14 mesh.

Pembuatan perekat. Pembuatan larutan perekat kitosan dimulai dengan menambahkan 1,3 ml asam asetat ke dalam gelas *beaker*, kemudian secara perlahan ditambahkan air distilasi hingga total volume larutan mencapai 100 ml. Campuran ini kemudian diaduk selama 3 hingga 5 menit sampai menghasilkan larutan yang merata. Selanjutnya, dimasukkan 2 gram kitosan ke dalam larutan tersebut dan diaduk terus menerus selama 2 hingga 4 jam sampai kitosan sepenuhnya larut dengan baik. Proses pembuatan larutan ini berlaku sama pada semua variasi. Untuk penelitian ini, variasi konsentrasi perekat yang terdiri dari 20%, 25%, dan 30% tidak merujuk pada konsentrasi larutan kitosan, melainkan menunjuk pada persentase berat perekat

dibandingkan dengan berat total papan partikel, sehingga rasio antara partikel dan perekat bervariasi pada setiap variasi yang ada. Pada variasi 20%, jumlah partikel yang dipakai adalah 574,09 gram dengan jumlah perekat sebanyak 189 gram, sehingga perbandingan partikel kepada perekat menjadi 80:20. Pada variasi 25%, berat partikel tercatat adalah 551,12 gram dengan berat perekat 226,8 gram, yang menghasilkan perbandingan partikel kepada perekat sebesar 75:25. Sementara pada variasi 30%, berat partikel tercatat adalah 529,93 gram dengan berat perekat 261,69 gram, sehingga perbandingan partikel ke perekat adalah 70:30. Masing masing variasi konsentrasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi berat partikel dan perekat papan partikel satu lapis pada setiap variasi konsentrasi perekat kitosan

| Variasi Konsentrasi | Lapisan | Berat partikel (g) | Berat perekat (g) |
|---------------------|---------|--------------------|-------------------|
| 20% | 1 Lapis | 574,09 | 189,00 |
| 25% | 1 Lapis | 551,12 | 226,80 |
| 30% | 1 Lapis | 529,93 | 261,69 |

Pembuatan papan partikel. Pembuatan papan partikel terdiri dari enam langkah, yaitu penyaringan serat batang jagung, pencampuran perekat dan partikel, proses pengeringan, *mat forming*, pemanasan, dan pengkondisian. Pada langkah pertama, serat batang jagung disaring menggunakan mesin penyaring dengan variasi ukuran 4 mesh, 14 mesh, dan lolos 14 mesh. Dalam pembuatan papan partikel satu lapis ini, ukuran partikel yang digunakan adalah 14 mesh. Selanjutnya, proses pencampuran perekat dengan partikel yang telah dikeringkan dilakukan setelah partikel ditimbang dan dimasukkan ke dalam *mixer*. Larutan kitosan kemudian ditambahkan ke dalam *mixer*. Setelah itu, mesin *mixer* dinyalakan dan perekat dituang merata hingga semua

bahan tercampur dengan baik. Setelah pencampuran selesai, partikel dipanaskan pada suhu 80 °C selama 24 jam untuk menurunkan kadar air sebelum proses *mat forming* dilakukan.

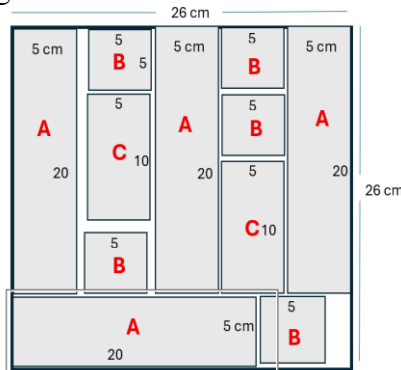
Pada tahanan *mat forming* partikel batang jagung yang sudah dicampur dan kering kemudian dimasukkan ke dalam cetakan datar berbahan aluminium dengan ukuran panjang dan lebar 30 cm serta ketebalan 1,2 cm yang telah dilapisi dengan lembaran Teflon. Partikel tersebut ditebar secara merata, lalu ditekan menggunakan kayu sampai cukup padat. Setelah itu, cetakan kayu diangkat dan bagian atas mat ditutupi lagi dengan kertas Teflon sebelum ditutup pelat besi. Langkah berikutnya adalah pemanasan pada suhu 180°C selama 10 menit dengan tekanan 20 MPa. Setelah proses pemanasan, papan dibiarkan dalam suhu ruangan selama tujuh hari agar kadar airnya merata dan stres sisa pada papan bisa hilang sepenuhnya, kemudian dipotong sesuai dengan ukuran spesimen untuk pengujian sifat fisik dan mekanik.



Gambar 1. Papan partikel satu lapis berbahan limbah batang jagung

Persiapan spesimen uji. Setelah melalui proses pengkondisian, papan partikel dipotong menjadi sejumlah contoh uji berdasarkan ukuran yang ditentukan dalam standar JIS A 5908:2003. Rincian pola pemotongan untuk papan yang berukuran 26×26 cm ditunjukkan pada Gambar 2, yang mencakup spesimen tipe A (20×5 cm) untuk

menguji kadar air, MOE, dan MOR; spesimen tipe B (5×5 cm) untuk mengukur daya serap air dan perubahan ketebalan; serta spesimen tipe C (5×10 cm) sebagai cadangan.



Gambar 2. Pola pemotongan spesimen uji papan partikel

Pengujian fisik. Pengujian ini meliputi pengujian kadar air papan partikel, kerapatan papan partikel, daya serap air dan pengembangan tebal.

Kadar Air. Untuk menentukan kadar air dapat dilakukan dengan massa (m_1) dari benda uji, yang dimasukkan ke dalam pengering udara yang dipelihara pada suhu 103 °C, selanjutnya ukur massa (m_0), saat massanya konstan [8]. Nilai kadar air didapatkan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Moisture content (\%)} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

m_0 = berat sampel sebelum dioven (g)

m_1 = berat sampel setelah dioven (g)

Kerapatan. Pengujian kerapatan dilaksanakan pada spesimen yang memiliki ukuran 30 × 30 cm. Tingkat kerapatan ditetapkan dengan membandingkan massa dan volume spesimen, di mana volume didapat dari pengukuran panjang, lebar, dan ketebalan, sementara massa dihitung dengan cara menimbang. Perhitungan densitas dilakukan dengan menggunakan formula berikut:

$$\text{Kerapatan (g/cm}^3\text{)} = \frac{m_1}{V} \quad (2)$$

Keterangan:

m_1 = Berat (g)

V = Volume (cm³)

Daya serap air. Pengujian daya serap air dilakukan menggunakan spesimen berukuran 5×5 cm. Spesimen ditimbang beratnya sebelum direndam, kemudian direndam dalam air selama 2 jam. Setelah perendaman, spesimen ditimbang kembali. Daya serap air dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

m_1 = Berat sebelum direndam (g)

m_2 = Berat sesudah direndam (g)

Pengembangan tebal. Pengujian ini dilakukan menggunakan spesimen berukuran 5×5 cm. Spesimen dicelupkan ke dalam air pada suhu 20 ± 1 °C dalam keadaan horizontal dengan kedalaman sekitar 3 cm di bawah air selama 24 jam [10]. Pengembangan tebal dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Pengembangan tebal (\%)} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \quad (4)$$

Keterangan:

T_1 = Tebal sebelum direndam (mm)

T_2 = Tebal sesudah direndam (mm)

Pengujian mekanik. Pengujian mekanik meliputi pengujian MOE dan MOR.

Modulus of Elasticity (MOE). MOE diukur dengan menggunakan spesimen yang berukuran 20×5 cm. Spesimen tersebut diberi beban di tengah jarak penyangga pada mesin Pengujian Universal (UTM) dengan laju pembebanan 10 mm/menit, kemudian dicatat nilai beban maksimum yang dapat ditampung oleh spesimen hingga batas proporsional. Nilai MOE ditentukan melalui perhitungan yang menggunakan rumus berikut:

$$\text{MOE} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\Delta PL}{4\Delta Ybt^3} \quad (5)$$

Keterangan:

σ = Tegangan (N/m²)

ϵ = Regangan

ΔP = Beban maksimum dan minimum (N)

L = Panjang spesimen (mm)

ΔY = Defleksi (mm)
 b = Lebar spesimen (mm)
 t = Tebal spesimen (mm)

Modulus of Rupture (MOR). Pengujian MOR dilakukan menggunakan spesimen berukuran 20×5 cm. Spesimen dibebani di tengah-tengah jarak sangga pada mesin *Universal Testing Machine (UTM)* dengan kecepatan pembebanan 10 mm/menit. Nilai MOR dihitung menggunakan rumus berikut:

$$MOR = \frac{3PL}{2bt^2} \quad (7)$$

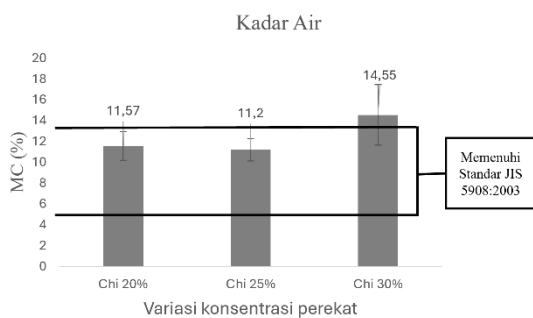
Keterangan:

P = Beban maksimum (N)
 L = Panjang spesimen (mm)
 b = Lebar spesimen (mm)
 t = Tebal spesimen (mm)

Hasil dan Pembahasan

Sifat fisik. Pengujian sifat fisik dan mekanik papan partikel meliputi kadar air, kerapatan, daya serap air, pengembangan tebal, MOE, MOR mengacu pada JIS A 5908:2003.

Kadar air. Pengujian kadar air pada papan partikel dihitung dengan membandingkan massa awal sampel sebelum dikeringkan dengan massa setelah pengeringan dalam oven pada suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ hingga mencapai massa konstan. Hasil rata-rata kadar air papan partikel dapat dilihat pada Gambar 3.



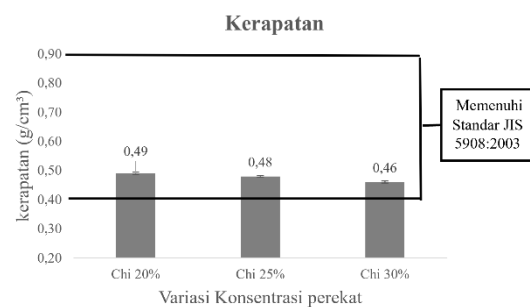
Gambar 3. Hasil kadar air

Berdasarkan gambar 3. Tingkat kelembapan pada papan partikel dengan variasi konsentrasi kitosan menunjukkan perbedaan yang cenderung kecil. Sampel dengan konsentrasi kitosan 20% memiliki kelembapan sebesar 11,57%, 25% sebesar 11,20%, dan 30% sebesar 14,55%. Tingkat kelembapan terendah didapatkan pada

perlakuan kitosan 25%, sementara tingkat tertinggi terdapat pada perlakuan kitosan 30%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dari 20% menjadi 25% cenderung mengurangi kadar air. Ini menunjukkan bahwa penambahan kitosan pada tingkat konsentrasi tertentu dapat memperkuat hubungan antarpartikel, sehingga mengurangi jumlah ruang yang tersedia untuk penyerapan air [7]. Maka perlakuan menggunakan kitosan pada konsentrasi 20% dan 25% masih sesuai dengan standar JIS A 5908:2003 (5–13%), sementara perlakuan dengan kitosan 30% memberikan kadar air yang sedikit lebih tinggi dari batas yang ditetapkan [8].

Hasil dari penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lindangan (2019) yang memanfaatkan kitosan sebagai perekat untuk papan partikel. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa keadaan pengempaan dan penerapan perekat kitosan berdampak pada sifat fisik papan partikel, termasuk kadar air yang tetap dalam batas yang ditentukan oleh standar. Para peneliti mengemukakan bahwa sifat higroskopis kitosan dapat memengaruhi kemampuan papan dalam menjaga kadar airnya [9].

Kerapatan. Hasil perhitungan kerapatan papan partikel memiliki rata-rata 0,45-0,47%. Hasil rata-rata kerapatan papan partikel dapat dilihat pada Gambar 4.



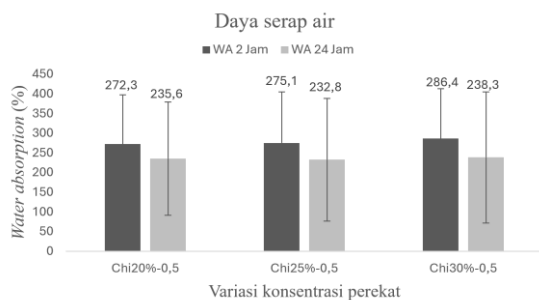
Gambar 4. Hasil kerapatan

Berdasarkan gambar 4, nilai kerapatan yang diperoleh dari papan partikel dengan variasi kadar perekat kitosan adalah 0,49 g/cm³ untuk kitosan 20%, 0,48 g/cm³ untuk kitosan 25%, dan 0,46 g/cm³ untuk kitosan 30%. Dapat dilihat bahwa dengan

meningkatnya kadar kitosan yang digunakan, densitas papan cenderung menurun, walaupun selisihnya tergolong kecil. Nilai kerapatan ini pengaruh oleh berat bahan yang menyusun, jumlah perekat, distribusi perekat, ukuran partikel, dan proses pemadatan. Dalam penelitian ini, peningkatan kitosan dari 20% hingga 30% mengakibatkan penurunan kerapatan dari 0,49 g/cm³ menjadi 0,46 g/cm³. Penurunan ini disebabkan oleh penambahan kitosan dalam jumlah yang lebih banyak, yang mengakibatkan distribusi perekat menjadi kurang merata dan meningkatkan volume papan setelah proses pemadatan, sehingga menciptakan struktur yang lebih berpori dan kurang padat [10].

Hasil penelitian ini juga serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Prayoga (2019), yang menemukan kerapatan papan partikel antara 0,48–0,60 g/cm³. peneliti mengungkapkan bahwa perbedaan kerapatan disebabkan oleh seberapa kuat partikel dipadatkan pada saat proses pengempaan dan seberapa baik perekat dapat mengikat partikel dengan merata. Apabila lebih banyak rongga terbentuk dalam papan, maka kerapatan akan cenderung menurun [11].

Daya serap air. Pengujian daya serap air dilakukan dengan cara perendaman sampel selama 2 jam dan 24 jam untuk mengetahui kemampuan papan partikel dalam menyerap air, dapat diperoleh informasi terkait kualitas material tersebut dalam menghadapi kondisi lembap atau basah. Hasil rata-rata daya serap air papan partikel dapat dilihat pada Gambar 5.

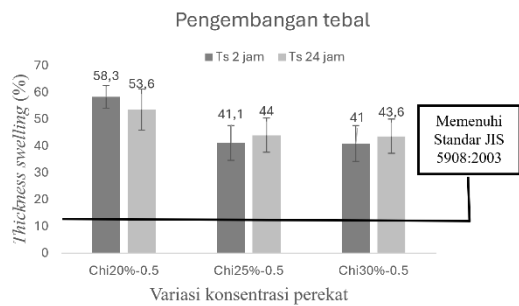


Gambar 5. Hasil daya serap air Berdasarkan gambar 5. Hasil Dmenunjukkan bahwa di semua perlakuan,

nilai penyerapan air setelah 2 jam perendaman lebih tinggi dibandingkan dengan setelah 24 jam. Angka penyerapan air berada di kisaran 272,3–286,4% pada perendaman 2 jam, sedangkan pada perendaman 24 jam berada di antara 235,6–238,3%. Peningkatan nilai penyerapan air pada perendaman 2 jam menunjukkan bahwa material ini memiliki kemampuan tinggi untuk menyerap air di tahap awal perendaman [12]. Diketahui bahwa chitosan memiliki gugus hidroksil (-OH) dan amino (-NH₂) yang bersifat hidrofilik, sehingga memudahkan molekul air untuk masuk ke dalam struktur material [13]. Namun, setelah periode perendaman yang lebih lama 24 jam, nilai yang diperoleh justru menjadi lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh perubahan struktur matriks, pelepasan sebagian komponen yang larut dalam air, atau terjadinya penyusutan yang mengakibatkan kapasitas penyerapan efektif menjadi lebih rendah dibandingkan dengan fase awal [14].

Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian tentang bahan yang berbasis kitosan, yang menunjukkan bahwa kitosan memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap air berkat sifatnya yang hidrofilik. Lingait (2024), menyatakan bahwa gugus amino dan hidroksil yang terdapat pada kitosan sangat berperan dalam berinteraksi dengan molekul air, sehingga meningkatkan daya serap airnya [15]. Selain itu, pada penelitian El-Araby (2024), mencatat bahwa bahan berbasis kitosan memperlihatkan tingkat pembengkakan yang tinggi pada awal kontak dengan air, yang disebabkan oleh keberadaan banyak situs aktif yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air [16].

Pengembangan tebal. Pengujian ini dilakukan pada papan partikel batang jagung, dengan perendaman air selama 2 jam dan 24 jam untuk mengetahui kestabilan dimensi papan terhadap kelembaban. Hasil rata-rata pengembangan tebal papan partikel dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengembangan tebal

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa semua papan partikel yang menerapkan perekat kitosan menunjukkan kenaikan ketebalan setelah direndam selama 2 maupun 24 jam. Ketebalan tertinggi dicapai dengan konsentrasi perekat kitosan 20%, yang menghasilkan angka 58,3% setelah 2 jam perendaman dan 53,6% setelah 24 jam. Sementara untuk konsentrasi perekat kitosan 25%, angka ketebalan menurun menjadi 41,1% pada perendaman 2 jam dan 44,0% pada perendaman 24 jam. Di sisi lain, konsentrasi perekat kitosan 30% menunjukkan nilai ketebalan terendah, dengan angka 41,0% pada perendaman 2 jam dan 43,6% pada perendaman 24 jam.

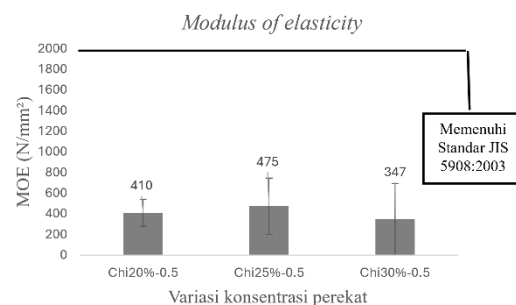
Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi perekat kitosan cenderung mengurangi nilai ketebalan papan partikel. Dengan meningkatnya konsentrasi perekat, kemampuan perekat untuk mengikat partikel dan mengisi celah antara partikel menjadi lebih efisien. Hal ini mengakibatkan air lebih sulit untuk masuk ke dalam struktur papan, sehingga pengembangan dimensi akibat penyerapan air dapat diminimalkan. Selain itu, penggunaan perekat dalam jumlah lebih banyak berkontribusi pada pembentukan ikatan antarpartikel yang lebih kuat, yang pada gilirannya meningkatkan stabilitas dimensi papan.

Jika dibandingkan dengan studi sebelumnya, temuan dari penelitian ini menunjukkan pola serupa, yaitu bahwa peningkatan jumlah perekat dapat mengurangi ekspansi ketebalan papan partikel. Penelitian oleh Fehrmann (2022), mengenai papan partikel yang terbuat dari

serat rami mengungkapkan bahwa adanya ikatan internal yang lebih baik dapat meningkatkan stabilitas dimensi serta mengurangi ekspansi ketebalan setelah proses perendaman. Di samping itu, penelitian mengenai papan partikel yang berasal dari limbah lignoselulosa dengan menggunakan perekat alami juga mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah perekat dapat meningkatkan ketahanan papan terhadap air dengan berkurangnya rongga di dalam struktur papan [17].

Sifat mekanik

Modulus of Elasticity (MOE). Nilai MOE menunjukkan seberapa baik papan bisa kembali ke bentuk asalnya setelah diberi beban. Ini sangat penting untuk mengevaluasi seberapa stabil ukuran papan tersebut. Uji ini menggunakan metode lentur tiga titik sesuai standar JIS A 5908:2003. Nilai MOE dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil modulus of elasticity

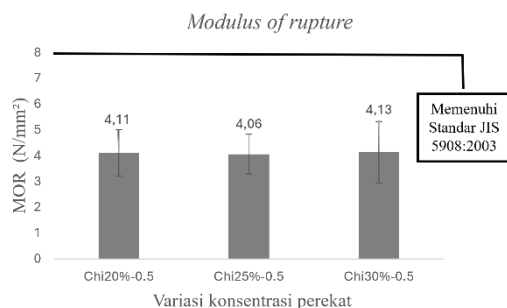
Hasil pengujian *Modulus of Elasticity*, nilai elastisitas dari papan partikel yang menggunakan perekat kitosan menunjukkan variasi pada setiap tingkat konsentrasi perekat. Pada konsentrasi kitosan 20%, nilai MOE tercatat sebesar 410 N/mm², yang kemudian meningkat menjadi 475 N/mm² saat konsentrasi kitosan mencapai 25%. Namun, ketika konsentrasi kitosan ditingkatkan menjadi 30%, nilai MOE menurun menjadi 347 N/mm². Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan kadar perekat tidak selalu sejalan dengan peningkatan nilai modulus elastisitas pada papan partikel. Nilai MOE tertinggi didapatkan dengan penggunaan perekat kitosan pada kadar 25%. Hal ini

menunjukkan bahwa pada tingkat konsentrasi tersebut, jumlah perekat yang digunakan dapat menciptakan ikatan antarpartikel yang lebih efektif, sehingga papan dapat lebih baik dalam menahan deformasi elastis ketika menerima beban lentur [18].

Berdasarkan penelitian Hong (2022), yang menunjukkan bahwa peningkatan kualitas pengikatan internal pada papan partikel dapat memperbaiki sifat mekanik, termasuk modulus elastisitas. Penelitian lain mengenai papan partikel yang menggunakan limbah lignoselulosa juga menunjukkan bahwa pemanfaatan perekat alami dalam jumlah yang tepat dapat meningkatkan kekakuan papan karena terbentuknya ikatan yang lebih kuat antara partikel. Namun, jika jumlah perekat terlalu banyak, peningkatan sifat mekanik tidak selalu terjamin karena kemungkinan distribusi perekat yang tidak merata dan penurunan efektivitas transfer tegangan antarpartikel [13].

Berdasarkan standar JIS A 5908:2003, semua jenis perekat yang diteliti dalam penelitian ini belum mencapai batas nilai MOE minimum yang ditetapkan yaitu sebesar 2.000 N/mm².

MOR (*Modulus of Rupture*). Pengujian MOR dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan patah papan partikel sebelum patah. Uji ini menggunakan JIS A 5908:2003. Nilai MOR dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil *modulus of rupture*

Berdasarkan Hasil *Modulus of Rupture*, hasil uji ketahanan patah papan partikel dengan perekat kitosan menunjukkan variasi yang cukup kecil

antara setiap perlakuan. Nilai MOR pada konsentrasi kitosan 20% tercatat sebesar 4,11 N/mm², lalu sedikit menurun menjadi 4,06 N/mm² ketika menggunakan konsentrasi 25%, sebelum akhirnya naik lagi menjadi 4,19 N/mm² pada konsentrasi kitosan 30%. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi perekat kitosan tidak mempengaruhi nilai MOR papan partikel secara signifikan, meskipun ada kecenderungan peningkatan di penggunaan kitosan 30%.

Nilai MOR merefleksikan seberapa baik papan partikel dapat menahan beban maksimum sebelum terjadi kerusakan atau patah. Semakin tinggi MOR, semakin besar kemampuan papan untuk menahan gaya lentur sampai mencapai titik kegagalan. Dalam penelitian ini, nilai MOR tertinggi terlihat pada penggunaan perekat kitosan 30%. Hal ini menunjukkan bahwa lebih banyak perekat dapat memperkuat ikatan antarpartikel, sehingga transfer tegangan saat proses pembebanan menjadi lebih efisien. Perekat yang mengisi celah-celah antarpartikel dapat meningkatkan kohesi internal papan dan mengurangi titik-titik lemah yang mungkin menjadi awal keretakan. Kawalerczyk (2023), mencatat bahwa mutu dari ikatan internal dan proporsi perekat memainkan peran kunci dalam sifat lentur papan partikel. Semakin kuat hubungan antarpartikel yang terbentuk, semakin tinggi pula nilai MOR yang diperoleh. Penelitian lain yang melibatkan papan partikel dari limbah pertanian juga mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah perekat alami dapat meningkatkan MOR hingga mencapai titik optimal, tetapi setelah mencapai titik itu, peningkatannya biasanya tidak signifikan [19].

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah dari batang jagung dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk papan partikel dengan kitosan sebagai perekat alami, yang menghasilkan nilai kerapatan antara 0,46–0,49 g/cm³ dalam semua variasi konsentrasi yang diuji. Semua nilai

kepadatan tersebut telah memenuhi standar JIS A 5908:2003 dan termasuk dalam kategori papan partikel kerapatan menengah. Namun, tingkat kelembapan hanya memenuhi batas standar Sampel dengan konsentrasi kitosan 20% memiliki kelembapan sebesar 11,57%, 25% sebesar 11,20%, dan 30% sebesar 14,55%. Tingkat kelembapan terendah didapatkan pada perlakuan kitosan 25%, sementara tingkat tertinggi terdapat pada perlakuan kitosan 30%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dari 20% menjadi 25% cenderung mengurangi kadar air

Pada konsentrasi kitosan 25% tercatat nilai 478 N/mm², sedangkan nilai terendah adalah pada kitosan 30% yang mencapai 347 N/mm². Di sisi lain, Modulus of Rupture (MOR) tertinggi dicapai pada kadar kitosan 30% dengan nilai 4,19 N/mm², dan nilai terendah ada pada kitosan 25% yang bernilai 4,00 N/mm². Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar perekat kitosan tidak selalu berpengaruh positif terhadap sifat mekanik papan partikel secara konsisten, karena ada level tertentu yang memberikan ikatan antarpartikel terbaik.

Referensi

- [1]. *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023*. FAO, 2023. doi: 10.4060/cc8166en.
- [2]. S. H. Lee *et al.*, “Particleboard from agricultural biomass and recycled wood waste: a review,” *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 20, pp. 4630–4658, Sept. 2022, doi: 10.1016/j.jmrt.2022.08.166.
- [3]. A. C. Puișel, G. Bălușescu, C. D. Balan, and M. T. Nechita, “The Potential Valorization of Corn Stalks by Alkaline Sequential Fractionation to Obtain Papermaking Fibers, Hemicelluloses, and Lignin—A Comprehensive Mass Balance Approach,” *Polymers*, vol. 16, no. 11, p. 1542, May 2024, doi: 10.3390/polym16111542.
- [4]. L. Astari, B. Belleville, K. Umemura, A. Filkov, B. Ozarska, and R. H. Crawford, “Determination of Physical, Mechanical and Fire Retardancy Properties of Innovative Particleboard Made from Corn Stalk (*Zea mays* L.) Particles,” *JRM*, vol. 12, no. 10, pp. 1729–1756, 2024, doi: 10.32604/jrm.2024.054786.
- [5]. Department of Mechanical Engineering, Landmark University, Omu-Aran, Nigeria *et al.*, “Particleboard from biomass wastes: A review of production techniques, properties, and future trends,” *Res. Eng. Struct. Mat.*, 2024, doi:10.17515/resm2024.265ma0502r v.
- [6]. Y. Zhang, H. Wang, X. Sun, Y. Wang, and Z. Liu, “Separation and characterization of biomass components (cellulose, hemicellulose, and lignin) from corn stalk,” *BioRes*, vol. 16, no. 4, pp. 7205–7219, Sept. 2021, doi: 10.15376/biores.16.4.7205-7219.
- [7]. A. Ashori and A. Kuzmin, “Effect of chitosan-epoxy ratio in bio-based adhesive on physical and mechanical properties of medium density fiberboards from mixed hardwood fibers,” *Sci Rep*, vol. 14, no. 1, p. 5057, Mar. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-55796-x.
- [8]. “JIS A 5908: Particleboards”.
- [9]. L. Lindangan, B. Putranto, S. Suhasman, and A. Agussalim, “kondisi optimum proses kempa panas dalam pembuatan papan partikel dengan perekat kitosan,” *perennial*, vol. 15, no. 2, p. 67, Oct. 2019, doi: 10.24259/perennial.v15i2.7650.
- [10]. S. E. Wahyuningsih, A. Kusumastuti, M. Krisnawati, O. Paramita, M. Yuniar, and M. R. Furi, “Quality of motif, colors and fastness of Sekar Ayu ecoprint products in terms of mordant type, natural dyes, and types of leaves on silk fabrics,” *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 969, no.

- 1, p. 012043, Jan. 2022, doi: 10.1088/1755-1315/969/1/012043.
- [11]. D. Prayoga, . Dirhamsyah, and . Nurhaida, “kualitas papan partikel berdasarkan komposisi sekam padi dan kayu sengon dengan variasi kadar perekat,” *JHL*, vol. 7, no. 2, July 2019, doi: 10.26418/jhl.v7i2.33693.
- [12]. M. Pędzik, D. Janiszewska, and T. Rogoziński, “Alternative lignocellulosic raw materials in particleboard production: A review,” *Industrial Crops and Products*, vol. 174, p. 114162, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.indcrop.2021.114162.
- [13]. X. Hong, J. Lv, Z. Li, Y. Xiong, J. Zhang, and H.-F. Chen, “Sequence-based machine learning method for predicting the effects of phosphorylation on protein-protein interactions,” *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 243, p. 125233, July 2023, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.125233.
- [14]. X. Ji, B. Li, B. Yuan, and M. Guo, “Preparation and characterizations of a chitosan-based medium-density fiberboard adhesive with high bonding strength and water resistance,” *Carbohydrate Polymers*, vol. 176, pp. 273–280, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.carbpol.2017.08.100.
- [15]. D. Lingait *et al.*, “A review on versatile applications of biomaterial/polycationic chitosan: An insight into the structure-property relationship,” *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 257, p. 128676, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.128676.
- [16]. A. El-Araby, W. Janati, R. Ullah, S. Ercisli, and F. Errachidi, “Chitosan, chitosan derivatives, and chitosan-based nanocomposites: eco-friendly materials for advanced applications (a review),” *Front. Chem.*, vol. 11, p. 1327426, Jan. 2024, doi: 10.3389/fchem.2023.1327426.
- [17]. J. Fehrmann, B. Belleville, and B. Ozarska, “Effects of Particle Dimension and Constituent Proportions on Internal Bond Strength of Ultra-Low-Density Hemp Hurd Particleboard,” *Forests*, vol. 13, no. 11, p. 1967, Nov. 2022, doi: 10.3390/f13111967.
- [18]. A. Scharf *et al.*, “Particleboards Bonded by an Imidazole-Based Adhesive System,” *Materials*, vol. 16, no. 22, p. 7201, Nov. 2023, doi: 10.3390/ma16227201.
- [19] J. Kawalerczyk, D. Dukarska, M. Barczewski, D. Dziurka, and R. Mirski, “Optimization of Isocyanate Content in PF/pMDI Adhesive for the Production of High-Performing Particleboards,” *Polymers*, vol. 15, no. 24, p. 4645, Dec. 2023, doi: 10.3390/polym15244645.