

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

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>**Pengaruh Konsentrasi Perekat Kitosan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Tiga Lapis Berbahan Limbah Batang Jagung Untuk Aplikasi Meja Ramah Lingkungan****Dicky Setyo Purnomo^{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 growing demand for eco-friendly composite materials has driven research into the use of agricultural waste as a substitute for wood-based raw materials. This shift is further motivated by the need to replace conventional adhesives such as urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde, which contain toxic compounds hazardous to human health and the environment. This study investigates the effect of chitosan adhesive concentration on the physical and mechanical properties of three-layer particleboard made from corn stalk (*Zea mays L.*) waste for environmentally friendly table applications. Corn stalk particles were bonded with chitosan adhesive at concentrations of 20%, 25%, and 30%, then hot-pressed at 180°C under 30 MPa for 10 minutes, and evaluated according to JIS A 5908:2003. Density values across all treatments (0.46–0.50 g/cm³) met the standard, classifying the boards as medium density particleboard. Moisture content was 8.47%, 6.19%, and 33.04% for 20%, 25%, and 30% chitosan, respectively, of which only the 20% and 25% treatments complied with the standard. Water absorption (258.6–361.3%) and thickness swelling (111.5–154.3%) remained high, indicating limited dimensional stability. The 30% concentration yielded the highest mechanical performance (MOE = 654.98 N/mm²; MOR = 2.81 N/mm²), yet all treatments fell below the minimum MOE and MOR thresholds. These findings indicate that the developed particleboard is not yet suitable for structural table applications without further optimization.*

Pendahuluan

Industri modern saat ini semakin beralih pada pendekatan yang mengutamakan keberlanjutan lingkungan, salah satunya dengan mengoptimalkan

pemanfaatan sumber daya alam yang terbarukan sebagai bahan baku produk komposit.

Produk berbasis lignoselulosa seperti papan partikel telah menjadi material komposit unggulan yang pemanfaatannya

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

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.11427>

Received 29 April 2026; Received in revised form 25 May 2026; Accepted 2 June 2026

Available online 1 September 2026

meluas di industri konstruksi maupun furnitur. Produk ini umumnya dibuat dari serbuk kayu yang dicetak menjadi bentuk solid melalui proses pengempaan dengan bantuan perekat [1]. Seiring meningkatnya permintaan global, produksi papan partikel di Indonesia pada tahun 2023 tercatat mencapai 125.000 m³ berdasarkan data FAO [2]. Tingginya permintaan ini berdampak pada tekanan terhadap sumber daya hutan, sehingga mendorong kebutuhan akan bahan baku alternatif non-kayu yang lebih berkelanjutan.

Limbah pertanian memiliki potensi besar sebagai bahan baku alternatif karena secara alami mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berperan sebagai komponen penguat struktural [3]. Batang jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang paling berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku industri papan partikel karena ketersediaannya yang melimpah [4].

Jenis perekat konvensional yang lazim dipakai dalam produksi papan partikel, antara lain urea-formaldehida dan fenol-formaldehida, diketahui mengandung senyawa berbahaya berupa formaldehida yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan, mulai dari iritasi hingga risiko penyakit serius seperti kanker [5]. Hal ini mendorong urgensi pengembangan alternatif perekat berbasis bahan alami yang tidak menimbulkan risiko kesehatan maupun dampak negatif terhadap lingkungan. Kitosan, senyawa polisakarida turunan kitin dari cangkang krustasea, memiliki sifat tidak beracun, biodegradable, dan ramah lingkungan, sehingga berpotensi sebagai substitusi perekat sintetis [6].

Pemanfaatan limbah lignoselulosa sebagai bahan baku papan partikel telah banyak dikaji dalam beberapa tahun terakhir, di antaranya Akinyemi et al. (2019) yang mengkaji pengaruh serat sabut kelapa terhadap sifat fisik dan mekanik papan partikel yang direkatkan menggunakan perekat sintetis [7], serta Astari et al. (2024) yang mengembangkan papan komposit berbahan batang jagung untuk aplikasi

furnitur [4]. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa karakteristik papan partikel sangat dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan sistem perekat yang digunakan. Namun demikian, eksplorasi penggunaan kitosan sebagai perekat alami pada papan partikel berbahan batang jagung masih sangat terbatas, sehingga penelitian ini diharapkan dapat mengisi celah tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh perbedaan konsentrasi perekat kitosan (20%, 25%, dan 30%) terhadap karakteristik fisik dan mekanik papan partikel tiga lapis berbahan baku limbah batang jagung, dalam rangka menentukan formulasi terbaik yang mampu memenuhi persyaratan standar JIS A 5908:2003 serta layak dikembangkan sebagai material meja ramah lingkungan.

Metode Penelitian

Waktu dan lokasi. Pelaksanaan penelitian berlangsung selama enam bulan, terhitung sejak November 2025 hingga Mei 2026, bertempat di Laboratorium Polimer dan Kimia, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Kawasan Sains dan Teknologi (KST) B.J. Habibie, Jalan Puspiptek, Muncul, Kecamatan Serpong, Kota Tangerang Selatan 15314.

Alat dan bahan. Penelitian ini menggunakan partikel batang jagung (*Zea mays L.*) dan perekat kitosan sebagai bahan utama. Peralatan yang digunakan meliputi *hammer mill*, pengayak, mesin pemotong, *Universal Testing Machine (UTM)*, *hot press*, *mixer*, timbangan digital, jangka sorong, cetakan aluminium berukuran 30 × 30 cm, *beaker glass*, dan *magnetic stirrer*.

Persiapan bahan baku. Pada tahap awal, batang jagung dipotong-potong hingga berukuran kurang lebih 7 cm menggunakan golok, kemudian dibersihkan dari bagian daun dan kotoran yang menempel. Untuk mengurangi kandungan air, potongan batang jagung tersebut dijemur langsung di bawah sinar matahari. Selanjutnya, batang jagung dihancurkan menjadi partikel-partikel kecil

menggunakan mesin hammer mill, dan partikel yang dihasilkan kembali dijemur di bawah sinar matahari selama kurang lebih satu minggu. Setelah dijemur, serat batang jagung dioven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Partikel batang jagung kemudian diayak menggunakan saringan bertingkat untuk memisahkan dua fraksi ukuran, yaitu fraksi kasar (lolos saringan 4 mesh dan tertahan 14 mesh) serta fraksi halus (lolos saringan 14 mesh).

Pembuatan perekat. Pembuatan larutan perekat kitosan diawali dengan menuangkan 1,3 ml asam asetat ke dalam *beaker glass*, lalu ditambahkan akuades secara bertahap hingga volume total larutan mencapai 100 ml. Campuran kemudian diaduk selama 3–5 menit sampai terbentuk larutan yang homogen. Tahap berikutnya, sebanyak 2 gram kitosan dimasukkan ke dalam larutan tersebut dan terus diaduk selama 2–4 jam hingga seluruh kitosan terlarut secara merata. Formula pembuatan larutan ini sama untuk semua variasi. Variasi konsentrasi perekat 20%, 25%, dan 30% dalam penelitian ini tidak mengacu pada konsentrasi larutan kitosan, melainkan mengacu pada persentase berat perekat terhadap berat total papan partikel, sehingga rasio antara partikel dan perekat pada setiap variasi berbeda-beda. Pada variasi 20%, berat partikel yang digunakan adalah 574,09 gram dengan berat perekat 189 gram, sehingga rasio partikel terhadap perekat adalah 80:20. Pada variasi 25%, berat partikel adalah 551,12 gram dengan berat perekat 226,8 gram, menghasilkan rasio partikel terhadap perekat sebesar 75:25. Sedangkan pada variasi 30%, berat partikel adalah 529,93 gram dengan berat perekat 261,69 gram, sehingga rasio partikel terhadap perekat adalah 70:30.

Konfigurasi papan partikel. Papan partikel dalam penelitian ini dirancang dengan konfigurasi tiga lapis (face–core–face), yang tersusun atas lapisan permukaan

atas (face) dari fraksi partikel halus (lolos saringan 14 mesh), lapisan inti (core) dari fraksi partikel kasar (lolos saringan 4 mesh dan tertahan 14 mesh), serta lapisan permukaan bawah (face) dari fraksi partikel halus. Konfigurasi ini bertujuan untuk memperoleh kombinasi permukaan papan yang halus dan rata pada lapisan luar serta struktur internal yang kokoh pada lapisan inti. Berat partikel dan perekat dibagi sama rata pada ketiga lapis dengan proporsi 1:1:1, sehingga setiap lapis menerima sepertiga dari total berat partikel dan perekat masing-masing variasi konsentrasi. Komposisi berat partikel dan perekat pada setiap lapisan untuk masing-masing variasi konsentrasi ditunjukkan pada Tabel 1.

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

Variasi konsentrasi	Lapisan	Berat partikel (g)	Berat perekat (g)
20%	Face	191,36	63,00
	Core	191,36	63,00
	Face	191,36	63,00
	Total	574,09	189,00
25%	Face	183,71	75,60
	Core	183,71	75,60
	Face	183,71	75,60
	Total	551,12	226,80
30%	Face	176,64	87,23
	Core	176,64	87,23
	Face	176,64	87,23
	Total	529,93	261,69

Pembuatan papan partikel. Pembuatan papan partikel dilakukan melalui lima tahap, yaitu pencampuran perekat dan partikel, pengeringan, *mat forming*, pengempaan panas, dan pengkondisian. Pada tahap pertama, pencampuran perekat dan partikel dilakukan secara terpisah untuk setiap lapis, sehingga proses dilakukan dalam tiga kali *mixing*: satu kali untuk lapisan face bawah, satu kali untuk lapisan core, dan satu kali untuk lapisan face atas. Partikel ditimbang satu per satu sesuai komposisi pada Tabel 1, kemudian dimasukkan ke dalam *mixer*.

Perekat kitosan juga ditimbang satu per satu untuk masing-masing lapis, lalu dituangkan ke dalam tabung *mixer* dan diaduk hingga partikel dan perekat tercampur secara homogen. Selanjutnya, masing-masing campuran partikel dan perekat dipanaskan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam untuk mengurangi kadar air sebelum dilakukan *mat forming*.

Tahap *mat forming* dilakukan dengan menyusun partikel secara manual di dalam cetakan aluminium berukuran 30×30 cm. Partikel ditabur lapis demi lapis, dimulai dari lapisan bawah (*face*) berupa partikel halus, dilanjutkan lapisan tengah (*core*) berupa partikel kasar, dan diakhiri dengan lapisan atas (*face*) berupa partikel halus, sehingga membentuk lembaran (*mat*) yang siap dikempa. Proses pengempaan panas menggunakan mesin *hot press* berukuran cetakan 30×30×1,2 cm dilakukan pada kondisi suhu 180°C dan tekanan 30 MPa selama 10 menit. Selesai pengempaan, papan dibiarkan terkonduksi di suhu ruangan selama tujuh hari agar kadar air merata dan tegangan sisa dalam papan dapat terlepas sepenuhnya, kemudian dipotong sesuai ukuran spesimen untuk pengujian sifat fisik dan mekanik.



(a)

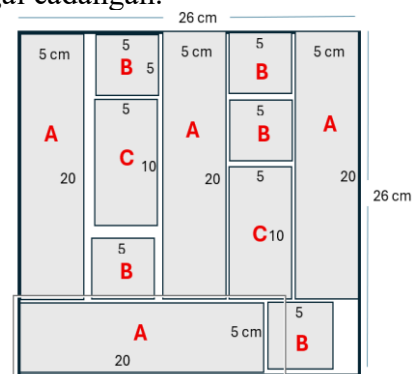


(b)

Gambar 1. Papan partikel tiga lapis berbahan limbah batang jagung: (a) tampak permukaan; (b) tampak

lintang yang menunjukkan struktur tiga lapis (*face-core-face*)

Persiapan Spesimen Uji. Setelah pengkondisian, papan partikel dipotong menjadi beberapa spesimen uji sesuai dimensi yang disyaratkan oleh standar JIS A 5908:2003. Pola pemotongan spesimen dari papan berukuran 26×26 cm disajikan pada Gambar 2, yang terdiri atas spesimen tipe A (20×5 cm) untuk pengujian kadar air, MOE, dan MOR; spesimen tipe B (5×5 cm) untuk pengujian daya serap air dan pengembangan tebal; serta spesimen tipe C (5×10 cm) sebagai cadangan.



Gambar 2. Pola pemotongan spesimen uji papan partikel dari luasan efektif 26×26 cm: (A) spesimen kadar air, MOE, dan MOR (20×5 cm); (B) spesimen daya serap air dan pengembangan tebal (5×5 cm); (C) spesimen cadangan (5×10 cm)

Pengujian fisik. Pengujian sifat fisik papan partikel meliputi kerapatan, kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal yang mengacu pada standar JIS A 5908:2003.

Kerapatan. Pengujian kerapatan dilakukan pada spesimen berukuran 30 × 30 cm. Nilai kerapatan ditentukan berdasarkan perbandingan antara massa dan volume spesimen, di mana volume diperoleh dari hasil pengukuran panjang, lebar, dan tebal, sedangkan massa ditentukan melalui penimbangan. Perhitungan kerapatan dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan (g/cm}^3\text{)} = \frac{m_1}{V} \quad (1)$$

Keterangan:

m_1 = Berat (g)

V = Volume (cm³)

Kadar air. Pengujian kadar air dilakukan pada spesimen berukuran 20×5 cm. Spesimen terlebih dahulu ditimbang, selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 103 ± 2°C selama 24 jam, kemudian ditimbang kembali setelah proses pengeringan selesai. Kadar air dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:

m_0 = massa spesimen sebelum pengeringan (g)

m_1 = massa spesimen setelah pengeringan (g)

Daya serap air. Pengujian daya serap air dilakukan menggunakan spesimen berukuran 5×5 cm. Spesimen ditimbang terlebih dahulu sebelum proses perendaman, kemudian direndam dalam air selama 2 jam. Seusai perendaman, spesimen ditimbang kembali, lalu direndam kembali untuk kedua kalinya selama 24 jam, dan selanjutnya ditimbang kembali. Nilai absorpsi air diperoleh melalui perhitungan menggunakan rumus:

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

Keterangan:

m_1 = massa spesimen sebelum perendaman (g)

m_2 = massa spesimen setelah perendaman (g)

Pengembangan tebal. Pengukuran pengembangan tebal dilakukan menggunakan spesimen berukuran 5×5 cm. Ketebalan spesimen diukur terlebih dahulu sebelum proses perendaman, kemudian spesimen direndam dalam air selama 2 jam. Seusai perendaman, ketebalan spesimen diukur kembali, lalu spesimen direndam kembali untuk kedua kalinya selama 24 jam, kemudian ditimbang kembali. Nilai pengembangan tebal diperoleh melalui perhitungan menggunakan rumus:

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

Keterangan:

T_1 = Tebal spesimen sebelum perendaman (mm)

T_2 = Tebal spesimen setelah perendaman (mm)

Pengujian mekanik. Pengujian sifat mekanik papan partikel meliputi MOE dan MOR, yang seluruhnya dilakukan mengacu pada standar JIS A 5908:2003.

Modulus of Elasticity (MOE). MOE dilakukan menggunakan spesimen berukuran 20×5 cm. Spesimen dikenai beban tepat di bagian tengah jarak sangga pada mesin Universal Testing Machine (UTM) dengan kecepatan pembebanan sebesar 10 mm/menit, kemudian diukur besarnya beban maksimal yang mampu ditahan oleh spesimen hingga mencapai batas proporsi. Nilai MOE diperoleh melalui perhitungan menggunakan rumus berikut:

$$MOE = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (5)$$

Keterangan:

σ = Tegangan (N/m²)

ε = Regangan

Regangan (ε) dapat dihitung dengan rumus:

$$\varepsilon = \frac{\Delta PL}{4\Delta Y bt^3} \quad (6)$$

Keterangan:

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). MOR dilakukan menggunakan spesimen berukuran 20×5 cm. Spesimen dikenai beban tepat di bagian tengah jarak sangga pada mesin Universal Testing Machine (UTM) dengan kecepatan pembebanan sebesar 10 mm/menit, kemudian diukur besarnya beban maksimal yang mampu ditahan oleh spesimen hingga mencapai batas proporsi. Nilai MOR diperoleh melalui perhitungan menggunakan rumus berikut:

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

Keterangan:

P = Beban maksimum (N)

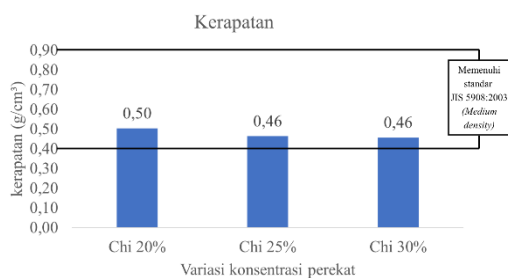
L = Panjang spesimen (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

t = Tebal spesimen (mm)

Hasil dan Pembahasan

Kerapatan. Hasil penelitian kerapatan papan partikel dari partikel batang jagung dengan perekat kitosan berkisar antara 0,46–0,50 g/cm³. Hasil rata-rata kerapatan papan partikel dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil kerapatan

Nilai kerapatan tertinggi diperoleh pada perekat konsentrasi kitosan 20% sebesar 0,50 g/cm³, sedangkan konsentrasi kitosan 25% dan konsentrasi kitosan 30% menghasilkan nilai kerapatan yang sama, yaitu 0,46 g/cm³. Terdapat kecenderungan penurunan nilai kerapatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi perekat kitosan yang digunakan.

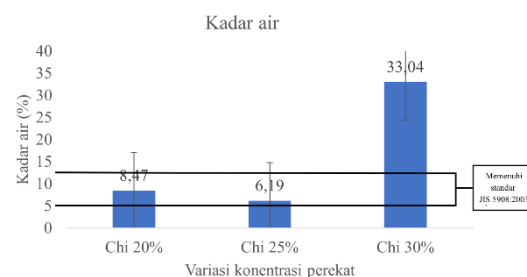
Penurunan kerapatan pada konsentrasi kitosan yang lebih tinggi diduga disebabkan oleh meningkatnya viskositas larutan perekat, yang mengakibatkan distribusi perekat kurang merata dan berpotensi membentuk penggumpalan (*clumping*) lokal pada permukaan partikel. Selain itu, meningkatnya volume larutan perekat yang mengandung air pada konsentrasi 30% menyebabkan lebih banyak air yang harus menguap selama proses pengempaan panas, sehingga berpotensi meninggalkan rongga (*void*) pada struktur papan [8].

Nilai kerapatan yang dihasilkan pada seluruh variasi konsentrasi perekat telah sesuai dengan persyaratan standar JIS A 5908:2003, yakni berada dalam rentang 0,40–0,90 g/cm³ [9]. Mengacu pada

klasifikasi standar tersebut, semua papan partikel yang dihasilkan dalam penelitian ini dikategorikan sebagai papan partikel berkerapatan sedang atau *medium density particleboard*.

Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Trianna (2023), yang memanfaatkan perekat kitosan berbahan cangkang kepiting rajungan dalam pembuatan papan partikel dengan target kerapatan 0,75 g/cm³; nilai kerapatan aktual yang dicapai berkisar antara 0,70 hingga 0,73 g/cm³ [10].

Kadar air. Nilai kadar air papan partikel ditentukan berdasarkan selisih massa spesimen sebelum dan sesudah proses pengeringan di dalam oven pada temperatur $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sampai massa spesimen tidak mengalami perubahan. Hasil rata-rata kadar air papan partikel disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil kadar air

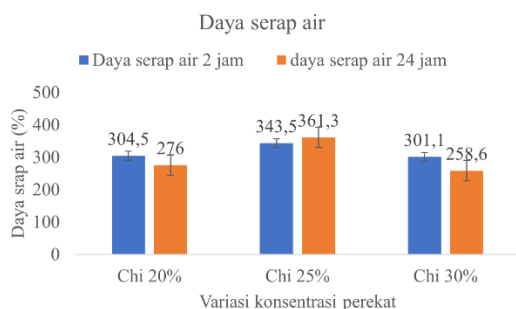
Berdasarkan Gambar 4, nilai rata-rata kadar air papan partikel pada variasi konsentrasi perekat kitosan 20% adalah 8,47%, kitosan 25% sebesar 6,19%, dan kitosan 30% sebesar 33,04%. Hasil pengujian menunjukkan pola non-linier, di mana kadar air mengalami penurunan dari konsentrasi 20% ke 25%, kemudian meningkat secara drastis pada konsentrasi 30%.

Kadar air pada perlakuan konsentrasi kitosan 20% dan 25% masih berada dalam batas yang dipersyaratkan oleh standar JIS A 5908:2003, yaitu 5–12%. Hasil ini sejalan dengan temuan Sutiawan et al. (2021) yang melaporkan bahwa papan partikel dengan berbagai jenis perekat umumnya mampu memenuhi ambang batas kadar air sesuai standar tersebut [11].

Perlakuan konsentrasi 25% justru menghasilkan nilai kadar air yang paling rendah di antara semua variasi, yang mengindikasikan tercapainya kondisi mendekati optimal. Pada kondisi ini, lapisan film kitosan mampu melapisi permukaan partikel secara merata dan proporsional, sehingga gugus hidroksil bebas yang terdapat pada selulosa maupun hemiselulosa terlindungi secara efektif dari paparan uap air [12].

Sebaliknya, nilai kadar air pada konsentrasi kitosan 30% sebesar 33,04% melampaui batas maksimum yang ditetapkan oleh standar. Lonjakan ini berkaitan dengan tingginya densitas gugus hidrofilik ($-OH$ dan $-NH_2$) dalam matriks papan akibat besarnya fraksi kitosan. Selama tahap pengkondisian papan pada suhu ruang, gugus-gugus tersebut mengikat uap air dari lingkungan dalam jumlah signifikan melalui pembentukan ikatan hidrogen, sehingga kadar air terukur menjadi jauh lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya [13]. Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi perekat di atas titik optimum justru memperburuk stabilitas kadar air papan terhadap kelembaban lingkungan.

Daya serap air. Pengujian daya serap air diuji melalui perendaman spesimen pada dua durasi berbeda, yaitu 2 jam dan 24 jam, sebagai indikator kemampuan material dalam menghadapi paparan kelembaban maupun kondisi basah. Hasil rata-rata daya serap air papan partikel disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil daya serap air

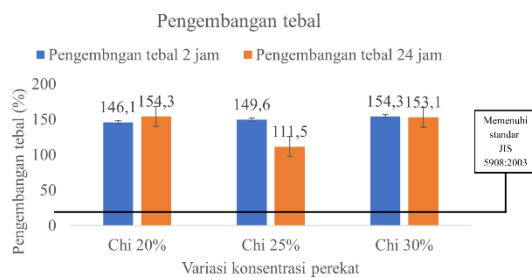
Berdasarkan Gambar 5, nilai rata-rata daya serap air pada perendaman 2 jam untuk konsentrasi perekat kitosan 20%, 25%, dan 30% berturut-turut adalah 304,5%; 343,5%; dan 301,1%. Sedangkan pada perendaman 24 jam diperoleh nilai 276,0%; 361,3%; dan 258,6%. Tingginya daya serap air di semua perlakuan diperkirakan terkait erat dengan proporsi selulosa dan hemiselulosa yang besar dalam batang jagung, yang menyebabkan banyaknya gugus hidroksil bebas di permukaan partikel sehingga tarikan terhadap molekul air menjadi sangat kuat [14]. Secara teoretis, durasi perendaman yang lebih panjang seharusnya berbanding lurus dengan peningkatan persentase daya serap air, seiring dengan semakin banyaknya volume air yang terserap masuk ke dalam struktur internal papan [15].

Namun, hasil pengujian pada perlakuan kitosan 20% dan 30% menunjukkan pola yang berbeda, di mana nilai daya serap air pada perendaman 24 jam justru lebih rendah dibandingkan perendaman 2 jam. Penurunan persentase ini terjadi karena papan mengalami disintegrasi (hancur/larut) selama perendaman, yaitu lepasnya sebagian partikel batang jagung dari matriks perekat akibat lemahnya ikatan antar partikel ketika berinteraksi dengan air dalam waktu lama. Lepasnya partikel ini menyebabkan berat akhir spesimen menjadi lebih kecil daripada seharusnya, sehingga selisih berat yang digunakan dalam perhitungan persentase daya serap air ikut mengecil dan menghasilkan nilai yang lebih rendah secara umum. Dengan demikian, nilai daya serap air terendah pada konsentrasi kitosan 30% perendaman 24 jam (258,6%) bukan merupakan indikator ketahanan air yang lebih baik, melainkan menandakan bahwa papan mengalami kerusakan struktural paling parah di antara seluruh perlakuan.

Standar JIS A 5908:2003 tidak menetapkan nilai batas maksimum untuk parameter daya serap air, sehingga parameter ini lebih bersifat indikatif terhadap stabilitas dimensi papan

dibandingkan sebagai syarat lulus uji. Sebagai pembanding, Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2105-2006) merekomendasikan nilai daya serap air papan partikel maksimum sebesar 50%. Dengan demikian, nilai daya serap air pada seluruh perlakuan dalam penelitian ini (258,6–361,3% pada perendaman 24 jam) masih jauh melampaui batas yang direkomendasikan, yang mengindikasikan rendahnya ketahanan papan terhadap air.

Pengembangan tebal. Kestabilan dimensi papan partikel berbahan batang jagung terhadap pengaruh kelembaban dievaluasi melalui pengujian pengembangan tebal, dengan cara merendam spesimen dalam air selama 2 jam dan 24 jam. Hasil rata-rata pengembangan tebal papan partikel dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengembangan tebal

Berdasarkan Gambar 6, nilai rata-rata pengembangan tebal papan partikel batang jagung pada perendaman 2 jam untuk konsentrasi kitosan 20%, 25%, dan 30% berturut-turut adalah 146,1%; 149,6%; dan 154,3%. Sementara pada perendaman 24 jam diperoleh nilai 154,3%; 111,5%; dan 153,1%. Nilai pengembangan tebal tertinggi pada perendaman 2 jam diperoleh pada perlakuan kitosan 30% (154,3%), sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan kitosan 20% (146,1%). Pada perendaman 24 jam, nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan kitosan 20% (154,3%) dan nilai terendah pada perlakuan kitosan 25% (111,5%).

Nilai pengembangan tebal yang diperoleh dalam penelitian ini jauh melampaui yang dilaporkan oleh Lindangan et al. (2019), di mana nilai optimum yang

dicapai hanya sebesar 19,73% pada papan partikel berpekat kitosan yang dikempa pada suhu 180°C selama 12 menit [16]. Selisih yang cukup besar ini mengisyaratkan bahwa stabilitas dimensi papan partikel berpekat kitosan tidak semata-mata ditentukan oleh konsentrasi perekat, melainkan juga sangat dipengaruhi oleh parameter proses pengempaan, khususnya suhu dan lama waktu kempa.

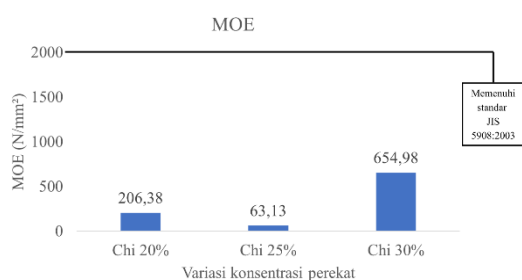
Pada perlakuan kitosan 25%, nilai pengembangan tebal pada perendaman 24 jam (111,5%) justru lebih rendah dibandingkan perendaman 2 jam (149,6%). Penurunan dimensi ini bukan merupakan indikasi penyusutan papan setelah perendaman lebih lama, melainkan disebabkan oleh lepasnya sebagian partikel batang jagung dari struktur papan akibat lemahnya ikatan antar partikel selama perendaman berkepanjangan. Ketika partikel terlepas dari matriks perekat, dimensi total papan yang terukur menjadi lebih kecil dibandingkan kondisi pada perendaman 2 jam, meskipun pada kenyataannya struktur papan telah mengalami degradasi yang jauh lebih parah. Fenomena yang serupa, meskipun dalam skala yang lebih ringan, juga teramati pada perlakuan kitosan 30%, yaitu penurunan nilai pengembangan tebal dari 154,3% pada perendaman 2 jam menjadi 153,1% pada perendaman 24 jam, yang mengindikasikan adanya kehilangan partikel dalam jumlah kecil pada permukaan papan. Sebaliknya, perlakuan kitosan 20% menunjukkan pola natural berupa peningkatan nilai pengembangan tebal seiring bertambahnya durasi perendaman (146,1% pada 2 jam menjadi 154,3% pada 24 jam), yang menandakan bahwa air masuk ke dalam struktur papan tanpa disertai disintegrasi yang signifikan.

Apabila mengacu pada standar JIS A 5908:2003 yang mensyaratkan nilai pengembangan tebal maksimum sebesar 12% setelah perendaman 24 jam, seluruh perlakuan dalam penelitian ini belum memenuhi standar tersebut. Nilai pengembangan tebal pada konsentrasi

kitosan 20%, 25%, dan 30% berturut-turut sebesar 154,3%, 111,5%, dan 153,1%, atau sekitar 9–13 kali lipat dari batas maksimum yang dipersyaratkan.

Sifat mekanik

Modulus of Elasticity (MOE). Nilai MOE mencerminkan kemampuan papan dalam memulihkan bentuknya setelah mengalami pembebanan, sehingga sangat relevan dalam mengevaluasi kestabilan dimensi papan. Pengujian ini menggunakan metode lentur tiga titik sesuai standar JIS A 5908:2003. Nilai MOE dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil MOE

Hasil pengujian menunjukkan nilai MOE tertinggi diperoleh pada perlakuan kitosan 30% sebesar 654,98 N/mm², diikuti kitosan 20% sebesar 206,38 N/mm², dan nilai terendah pada kitosan 25% sebesar 63,13 N/mm². Pola sebaran data memperlihatkan penurunan tajam dari konsentrasi 20% ke 25%, kemudian peningkatan signifikan pada konsentrasi 30%.

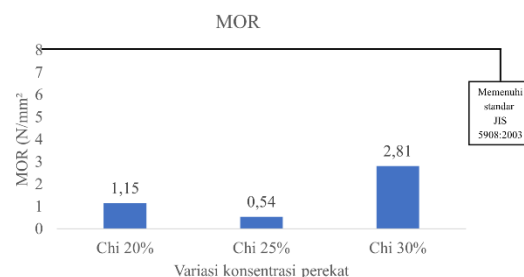
Dalam teori, penambahan jumlah perekat semestinya meningkatkan nilai MOE papan partikel, karena perekat dalam jumlah yang lebih banyak memfasilitasi terbentuknya ikatan yang lebih kuat antar partikel, yang pada akhirnya memperbesar resistansi papan terhadap lenturan [17]. Temuan serupa juga dikemukakan oleh Iswanto et al. (2021), yang mendapati bahwa komposisi campuran serta kadar perekat yang digunakan secara nyata memengaruhi nilai modulus elastisitas papan partikel yang dibuat dari batang jagung dan ampas tebu sebagai bahan baku [1]. Tren tersebut teramati pada perlakuan kitosan 20% dan 30%, sementara perlakuan kitosan 25%

menunjukkan deviasi yang menyimpang dari kecenderungan umum.

Penurunan drastis nilai MOE pada perlakuan kitosan 25% (63,13 N/mm²) diindikasikan sebagai *outlier* yang berakar pada faktor metodologis dan cacat struktural, bukan merupakan representasi karakteristik intrinsik konsentrasi perekat tersebut. Indikasi ini didukung oleh data sifat fisik pada perlakuan yang sama, yaitu nilai kerapatan terendah (0,46 g/cm³) yang setara dengan kitosan 30% meskipun memiliki kadar perekat lebih rendah, serta nilai daya serap air tertinggi pada kedua durasi perendaman (343,5% pada 2 jam dan 361,3% pada 24 jam). Kombinasi kerapatan rendah dan daya serap air tinggi mengindikasikan terbentuknya rongga (*void*) internal dalam jumlah signifikan pada struktur papan. Rongga tersebut dapat terbentuk akibat terperangkapnya uap air dari larutan perekat selama proses pengempaan panas, maupun akibat fenomena *spring-back* pada *mat* partikel ketika tekanan kempa dilepaskan. Keberadaan rongga internal mereduksi luas penampang efektif papan sekaligus berperan sebagai titik konsentrasi tegangan saat spesimen dikenai beban lentur, sehingga nilai MOE menurun secara drastis [18].

Apabila mengacu dengan standar JIS A 5908:2003, seluruh variasi perekat dalam penelitian ini belum memenuhi nilai MOE minimum yang disyaratkan sebesar 2.000 N/mm².

MOR (Modulus of Rupture). Pengujian MOR dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan papan partikel sebelum mengalami patah. Pengujian ini berpedoman pada standar JIS A 5908:2003. Nilai MOR dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil MOR

Hasil pengujian MOR papan partikel pada perlakuan kitosan 20%, 25%, dan 30% berturut-turut menghasilkan nilai 1,15 N/mm²; 0,54 N/mm²; dan 2,81 N/mm². Nilai MOR tertinggi diperoleh pada perlakuan kitosan 30%, sedangkan nilai terendah teramati pada perlakuan kitosan 25%.

Pada umumnya, bertambahnya konsentrasi perekat akan diikuti oleh peningkatan nilai MOR, karena ikatan mekanis antar partikel menjadi semakin diperkuat seiring meningkatnya ketersediaan perekat [19]. Pola tersebut konsisten teramati pada perbandingan antara perlakuan kitosan 20% dan 30%, namun perlakuan kitosan 25% kembali menyimpang dari kecenderungan umum, sebagaimana ditemukan pula pada hasil pengujian MOE.

Konsistensi anomali pada konsentrasi 25% di kedua parameter mekanik (MOE dan MOR) memperkuat dugaan bahwa hasil tersebut merupakan *outlier* yang berasal dari cacat struktural papan, bukan merupakan representasi karakteristik mekanik aktual pada konsentrasi tersebut. Cacat struktural berupa rongga internal, sebagaimana dibahas pada subbab MOE, berperan sebagai titik inisiasi perambatan retak ketika spesimen dikenai beban lentur, sehingga kegagalan terjadi pada nilai beban yang jauh lebih rendah dibandingkan kondisi struktur yang utuh. Hipotesis ini sejalan dengan pernyataan bahwa sifat mekanis dan stabilitas dimensi papan partikel sangat dipengaruhi oleh keseragaman struktur dan distribusi perekat di dalam matriks papan [18].

Meskipun perlakuan kitosan 30% menghasilkan nilai MOR tertinggi pada penelitian ini, nilai 2,81 N/mm² masih berada jauh di bawah persyaratan minimum standar JIS A 5908:2003 sebesar 8,0 N/mm². Dengan demikian, seluruh perlakuan dalam penelitian ini belum memenuhi standar JIS untuk aplikasi struktural seperti meja. Temuan ini menegaskan perlunya optimasi lebih lanjut, terutama pada parameter

pengempaan dan metode pencampuran perekat-partikel guna memperoleh struktur papan yang lebih homogen dan minim rongga internal, di samping evaluasi ulang terhadap variasi konsentrasi perekat dan ukuran partikel, dalam upaya meningkatkan kekuatan lentur papan hingga memenuhi standar yang dipersyaratkan.

Kesimpulan

Hasil penelitian mengonfirmasi bahwa limbah batang jagung berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku papan partikel dengan kitosan sebagai perekat alami, menghasilkan nilai kerapatan dalam rentang 0,46–0,50 g/cm³ pada seluruh variasi konsentrasi yang diujikan. Keseluruhan nilai kerapatan tersebut telah memenuhi persyaratan standar JIS A 5908:2003 dan tergolong dalam kategori *medium density particleboard*. Adapun nilai kadar air hanya memenuhi batas standar pada konsentrasi perekat 20% dan 25%, sementara konsentrasi 30% menghasilkan kadar air yang melampaui batas maksimum yang diizinkan, yakni sebesar 33,04%. Daya serap air dan pengembangan tebal pada semua perlakuan masih tinggi, mencerminkan ketahanan dimensi terhadap air yang lemah akibat kombinasi sifat higroskopis bahan baku batang jagung dan sifat hidrofilik perekat kitosan yang kaya akan gugus –OH dan –NH₂.

Konsentrasi perekat kitosan 30% terbukti menghasilkan performa mekanik tertinggi dengan nilai MOE mencapai 654,98 N/mm² dan MOR sebesar 2,81 N/mm², namun demikian seluruh perlakuan dalam penelitian ini belum mampu memenuhi ambang batas minimum MOE maupun MOR yang dipersyaratkan oleh standar JIS A 5908:2003, sehingga papan yang dihasilkan dinilai belum memadai untuk diaplikasikan sebagai komponen struktural seperti papan meja. Penelitian lanjutan perlu mengoptimalkan kondisi kempa dan mengeksplorasi kombinasi perekat untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan stabilitas dimensi papan.

Referensi

- [1] A. H. Iswanto, I. G. Tarigan, A. Nuryawan, and F. Oktaviani, "The properties of particleboards made from corn stalks and bagasse at various compositions," in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing Ltd, Apr. 2021. doi: 10.1088/1755-1315/713/1/012033.
- [2] FAO, "FAOSTAT - Forestry Data," Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Online]. Available: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>. [Accessed: 27 Feb. 2026].
- [3] P. P. Ikubanni, A. A. Adeleke, T. A. Adekanye, O. J. Aladegboye, O. O. Agboola, and B. T. Ogunsemi, "Particleboard from biomass wastes: A review of production techniques, properties, and future trends," Research on Engineering Structures and Materials (RESM), vol. 11, no. 2, pp. 713–740, 2025. doi: 10.17515/resm2024.265ma0502rv.
- [4] L. Astari, B. Belleville, B. Ozarska, K. Umemura, R. Crawford, W. B. Kusumaningrum, and M. Ismayati, "Performance of self-binding engineered panels made from sweet corn stalks (*Zea mays* L.) for furniture applications," Bioresource Technology Reports, vol. 25, p. 101802, 2024. doi: 10.1016/j.biteb.2024.101802
- [5] U.S. Environmental Protection Agency, "Human Health Hazard Assessment for Formaldehyde," Washington, DC, USA, 2024. [Online]. Tersedia: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2025-01/11.-formaldehyde-.human-health-hazard-assessment-.public-release-.hero-.dec-2024.pdf>
- [6] X. Ji and M. Guo, "Preparation and properties of a chitosan-lignin wood adhesive," Int. J. Adhes. Adhesives, vol. 82, pp. 8-13, 2018, doi: 10.1016/j.ijadhadh.2017.12.005
- [7] B. A. Akinyemi, A. Bamidele, and E. Joel, "Response of coir fibres on the physical and mechanical properties of particleboard," Materials Today: Proceedings, vol. 19, pp. 1408–1414, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.11.159.
- [8] Kurniady dan Mora, "Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Serbuk Batang Pisang dan Kulit Buah Kakao Bertulang Anyaman Lidi Kelapa," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 12, no. 2, hlm. 291–297, Apr. 2023. doi: 10.25077/jfu.12.2.291-297.2023.
- [9] Japanese Industrial Standard, *JIS A 5908:2003: Particleboards*, Tokyo: Japanese Standards Association, 2003.
- [10] E. Trianna, "Karakterisasi Formula Perekat Kitosan Cangkang Kepiting Rajungan pada Papan Partikel," Skripsi, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2023. [Online]. Tersedia: <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/36885/>
- [11] J. Sutiawan, S. Mardhatillah, D. Hermawan, F. A. Syamani, Subyakto, dan S. S. Kusumah, "Pengaruh Jenis Perekat terhadap Sifat Papan Partikel dari Campuran Limbah Vinir Sengon dan Bagas Sorgum," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, vol. 19, no. 2, hlm. 107–118, 2021. [Online]. Tersedia: <http://ejournalmapeki.org/index.php/JITKT/article/view/539>
- [12] I. Hamed, F. Özogul, and J. M. Regenstein, "Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 48, pp. 40–50, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.tifs.2015.11.007.
- [13] I. Aranaz, A. R. Alcántara, M. C. Civera, C. Arias, B. Elorza, A. Heras Caballero, and N. Acosta, "Chitosan: An overview of its properties and applications," *Polymers*, vol. 13, no. 19, p. 3256, Sep. 2021, doi: 10.3390/polym13193256.

- [14] I. Mulyadi, "Isolasi dan Karakterisasi Selulosa: Review," *Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains dan Matematika Unpam*, vol. 1, no. 2, hlm. 177–182, Jan. 2019. doi: 10.32493/jsmu.v1i2.2381.
- [15] M. M. Ibrahim, R. Desiasni, dan F. Widyawati, "Pengaruh Volume Serbuk Terhadap Laju Penyerapan Air pada Komposit Partikel Tongkol Jagung (Corn Cob) dengan Matriks Epoksi," *Hexagon: Jurnal Teknik dan Sains*, vol. 2, no. 1, hlm. 52–57, Jan. 2021. [Online]. Tersedia: <https://www.jurnal.uts.ac.id/index.php/hexagon/article/download/877/612>
- [16] L. Lindangan, B. Putranto, Suhasman, dan Agussalim, "Kondisi Optimum Proses Kempa Panas dalam Pembuatan Papan Partikel dengan Perkat Kitosan," *PERENNIAL*, vol. 15, no. 2, hlm. 67–73, 2019. Tersedia: <http://journal.unhas.ac.id/index.php/perennial/article/view/7650>
- [17] S. H. Lee, P. Md Tahir, W. C. Lum, L. P. Tan, P. Bawon, B. F. Park, S. F. Mohamad Bani, "A Review on Particleboard Bonded with Soybean-Based Adhesives," *Polymers*, vol. 14, no. 23, 5256, 2022. doi: 10.3390/polym14235256
- [18] D. R. Trisatya, "Sifat papan partikel dari campuran kayu dengan variasi resin pada sifat fisis dan mekanis," *J. Penelit. Hasil Hutan*, vol. 37, no. 2, pp. 102–110, 2019, doi: 10.20886/jphh.2019.37.2.102-110.
- [19] P. Solt, J. Konnerth, W. Gindl-Altmutter, W. Kantner, J. Moser, R. Mitter, and H. W. G. van Herwijnen, "Technological performance of formaldehyde-free adhesive alternatives for particleboard industry," *Int. J. Adhes. Adhes.*, vol. 94, pp. 99–131, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.ijadhadh.2019.04.007.