

SIFAT FISIK BIKOMPOSIT PAPAN SEMEN BERBASIS LIMBAH BATANG KELAPA SAWIT: PENGARUH RASIO SEMEN TERHADAP LIMBAH

Rosmaina Julianti Nadapdap¹, Yuyu Rahayu^{1*}, Susilo Budi Husodo¹

¹ Universitas Papua, Manokwari, Indonesia 98314

* Correspondence: y.rahayu@unipa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat fisik papan semen yang diproduksi dari limbah batang kelapa sawit serta pengaruh tiga variasi rasio semen terhadap limbah batang kelapa sawit (70:30, 75:25 dan 80:20). Variabel yang diuji meliputi kerapatan, kadar air, pengembangan ketebalan, dan penyerapan air. Hasil menunjukkan bahwa papan semen dari limbah batang kelapa sawit memiliki kerapatan antara 0,70 g/cm³ hingga 1,02 g/cm³ dan kadar air antara 6,79% hingga 14,49%. Pengembangan ketebalan setelah 24 jam perendaman berkisar antara 17,50% hingga 70,00%, sementara penyerapan air antara 40,41% hingga 68,04%. Rasio 70:30 dan 75:25 memenuhi kriteria SNI untuk kerapatan dan kadar air, namun pengembangan ketebalan melebihi standar, menunjukkan stabilitas dimensi yang buruk. Peningkatan rasio semen meningkatkan kerapatan dan mengurangi kadar air, namun produk limbah batang kelapa sawit ini masih menghadapi tantangan dalam hal stabilitas dimensi dan ketahanan terhadap air. Temuan ini menyarankan perlunya optimasi lebih lanjut, seperti penambahan aditif atau modifikasi bahan baku, untuk meningkatkan stabilitas dimensi dan ketahanan air papan semen.

Kata Kunci: Papan semen; Limbah batang sawit; Sifat fisika

Abstract

This study investigates the physical properties of cement boards made from oil palm trunk waste and evaluates the effect of varying cement-to-palm trunk waste ratios (70:30, 75:25 and 80:20). The independent variable is the cement-to-waste ratio, and the dependent variables include density, moisture content, thickness swelling, and water absorption. Results show that the density of the boards ranges from 0.70 g/cm³ to 1.02 g/cm³, moisture content from 6.79% to 14.49%, thickness swelling after 24 hours of immersion from 17.50% to 70.00%, and water absorption from 40.41% to 68.04%. Ratio 70:30 and 75:25 meet Indonesian National Standard (SNI) criteria for density and moisture content, but thickness swelling exceeds the standard, indicating poor dimensional stability. Increasing cement content improves density and reduces moisture content, but challenges remain in achieving dimensional stability and water resistance. These findings suggest that while oil palm trunk waste can be used in cement board production, further optimization, such as additive incorporation or feedstock modification, is needed to enhance water resistance and stability.

Keywords: Cement board; Oil palm trunk; Physical properties

Received: 05 March 2025
Revised: 16 June 2025
Accepted: 23 June 2025
Published: 02 July 2025

DOI: 10.31884/jtt.v11i2.806



Copyright: © 2025 by JTT

1. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara produsen *Crude Palm Oil* (CPO) dengan pertumbuhan kebun kelapa sawit terbesar (Kementan, 2020). Menjadi produsen terbesar tentu dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan faktor ketersediaan sumber daya alam. Tahun 2020, Indonesia memiliki 270 juta jiwa penduduk, yang mana semakin tinggi jumlah penduduk maka semakin banyak kebutuhan dan permintaan akan produksi CPO ini. Namun ternyata kelapa sawit memiliki batas produktif, dimana ketika mencapai umur 25 tahun maka produktivitasnya berangsur-angsur menurun (Pangestu .dkk, 2021). Tentu saja hal ini menyebabkan kebutuhan dan permintaan yang tinggi tadinya menjadi tidak dapat terpenuhi. Selain itu, ternyata penggunaan lahan untuk perkebunan kelapa sawit juga dibatasi oleh pemerintah. Hal ini lah yang kemudian menjadi alasan mengapa perlu dilakukan peremajaan (*replanting*) kelapa sawit.

Peremajaan (*replanting*) kelapa sawit adalah kegiatan penanaman kembali setelah menebang sawit yang sudah tidak produktif (Pangestu. dkk, 2021). Sejak 2019 di Papua Barat khususnya di Manokwari, pemerintah menargetkan melakukan peremajaan kebun kelapa sawit seluas 5000 ha (AntaraNews, 2023). Kegiatan penanaman kembali ini tentunya akan menghasilkan limbah hasil peremajaan. Limbah yang dapat dihasilkan pun bermacam-macam, seperti limbah tandan, pelepah, daun, dan batang kelapa sawit. Nuryawan dkk. (2022) menyebutkan bahwa limbah batang sawit dianggap paling signifikan karena dapat digunakan sebagai bahan substitusi kayu untuk membuat berbagai macam produk misalnya seperti *paving block*, *plywood*, *laminated veneer lumber*, dan *cement board*. Lebih lanjut, Ibrahim (2019) juga menegaskan beberapa jenis kayu seperti *plywood* atau *lumber* telah diproduksi dari batang kelapa sawit. Namun, pemanfaatan limbah batang sawit masih belum optimal. Limbah ini umumnya hanya dibakar atau dibiarkan membusuk, yang dapat menimbulkan masalah lingkungan, seperti polusi udara dan peningkatan emisi gas rumah kaca (Suryani dkk., 2019). Penggunaan limbah batang kelapa sawit sebagai sumber bahan baku alternatif dalam sektor konstruksi dapat diidentifikasi sekaligus sebagai solusi yang berpotensi sebagai substitusi kebutuhan kayu dalam mengatasi permasalahan lingkungan ini. Oleh karena itu, pengembangan limbah yang dapat diurai secara alami dapat berkontribusi pada peningkatan industri berbasis kayu (Ismail, 2019). Salah satu inovasi yang layak diterapkan adalah produksi papan semen yang berasal dari limbah batang kelapa sawit.

Meskipun memiliki potensi yang melimpah, studi mengenai pemanfaatan limbah batang kelapa sawit dalam pembuatan papan semen masih minim digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kesenjangan tersebut dengan menganalisis sifat fisika dari papan semen yang dihasilkan dari limbah batang kelapa sawit. Selain itu, penelitian ini juga akan melihat dan mempelajari pengaruh variasi perbandingan antara semen dan limbah batang kelapa sawit terhadap sifat fisika papan semen yang dihasilkan. Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan solusi pemanfaatan limbah dan mengurangi polusi lingkungan, peningkatan nilai ekonomi melalui produk bernilai tambah, inovasi yang lebih ramah lingkungan.

2. METODE

Waktu dan Lokasi

Laboratorium Rekayasa Hasil Hutan dan Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Papua (UNIPA) melakukan penelitian ini selama kurang dari tiga bulan, mulai dari Juni 2024 - Agustus 2024. Persiapan alat dan bahan, pengukuran suhu hidrasi, pembuatan papan semen, termasuk tahap *conditioning*, dan pengujian.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi desikator, tabung reaksi, gelas ukur, cetakan, gergaji besi, mesin ayakan, penggaris, kaliper, ember, kempa manual (aki bekas), neraca digital, oven, dan sarung tangan. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen PCC (*Portland Composite Cement*) CONCH untuk mempercepat durasi pengerasan, serbuk limbah batang kelapa sawit (60 mesh), Air sebanyak $\frac{1}{2}$ dari jumlah semen, MgCl (Magnesium Klorida) sebanyak 2.5 % dari jumlah semen untuk mengurangi hambatan terhadap pengerasan papan, dan Pelumas (Oli) sebagai pengantar panas dalam pengukuran suhu hidrasi.

Prosedur

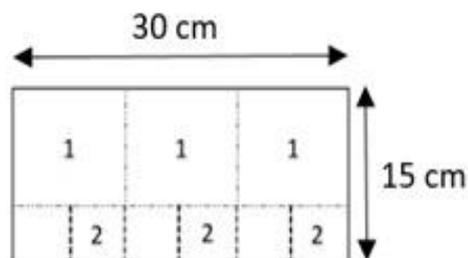
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengevaluasi hubungan antara variabel bebas, yaitu perbandingan campuran semen dengan serbuk limbah batang kelapa sawit, terhadap variabel terikat, yaitu kerapatan, kadar air, dan pengembangan tebal setelah perendaman 24 jam. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perbandingan campuran serbuk dan semen A (70:30), B (75:25), dan C (80:20) diulang sebanyak 3 kali, sehingga total sampel adalah 9 sampel.

Untuk memulai penelitian, maka dilakukan persiapan alat dan bahan yang diperlukan. Selanjutnya, formulasi sampel ditentukan berdasarkan kerapatan yang diinginkan. Jumlah bahan baku dihitung dengan mengacu pada massa dengan volume papan semen yaitu 450 cm^3 , dan kerapatan target sebesar 1 g/cm^3 .

Pada tahap pembuatan sampel, serbuk batang kelapa sawit yang telah diayak, semen, air, dan MgCl ditimbang sesuai formulasi dan dicampurkan hingga homogen. Campuran tersebut kemudian dituangkan ke dalam cetakan dengan ukuran $30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$, diberi tekanan sebesar $3777,77 \text{ Pa}$ (berat beban 17 kg/cm^2) selama 24 jam [an1] menggunakan pemberat sederhana (aki bekas), dan kemudian melalui proses *conditioning* selama 21 -28 hari untuk pematangan dibiarkan mengering dengan suhu ruang (secara alami tanpa alat bantu/pengering). Lalu selama 24 jam, sampel dikeringkan dalam oven pada suhu $60 \text{ }^\circ\text{C}$ untuk menyeragamkan kadar air awalnya.

Variabel

Papan semen diuji untuk sifat fisiknya sesuai dengan SNI 03-2105-2006. Kerapatan papan diukur dengan sampel $10 \times 10 \times 1 \text{ cm}$; kadar air diukur dengan pengeringan dan penimbangan sampel $10 \times 10 \text{ cm}$; pengembangan ketebalan setelah perendaman diukur dengan sampel $5 \times 5 \text{ cm}$; dan daya serap air (JIS A 5417–1992) diukur dengan sampel dengan ukuran yang sama selama 24 jam.



Gambar 1. Contoh pengambilan sampel uji sifat fisika papan semen.

Keterangan :

1. Sampel Uji Kerapatan dan Kadar Air ($10 \times 10 \text{ cm}$)
2. Sampel Uji Pengembangan Tebal dan Daya Serap Air ($5 \times 5 \text{ cm}$)

a. Pengukuran Suhu Hidrasi

Metode yang ditetapkan oleh Sanderman digunakan untuk mengukur suhu hidrasi (Kamil, 1970). Dalam percobaan ini, komponen seperti semen, air, bahan, dan katalisator masing-masing 200 gram, 100 gram, 20 gram, dan 2,5% dari berat semen dicampur menjadi adonan. Tabung reaksi dilumasi dengan oli dan dimasukkan ke dalam termos sebelum campuran dimasukkan ke dalamnya. Selanjutnya, tabung reaksi dimasukkan ke dalam termos hingga setengah bagian dari tabung terendam. Oleh karena itu, suhu tetap stabil dan menghantarkan panas secara merata. Thermometer dimasukkan ke dalam tabung reaksi melalui mulut termos yang ditutup dengan gabus. Selama 24 jam, suhu dicatat setiap jam, dengan suhu maksimum sebagai hasil utama pengamatan.

b. Uji Sifat Fisika

Untuk uji sifat fisika papan semen dari bahan limbah batang kelapa sawit, beberapa variabel diuji sebagai berikut:

- Uji Kerapatan : Mengukur hubungan antara massa dan volume papan semen dengan rumus:

$$\text{Kerapatan (g/cm}^3\text{)} = \frac{m}{v}$$

keterangan:

m = massa (gram)

v = volume (cm³) = panjang (cm) x lebar (cm) x tebal (cm)

- Uji Kadar Air : Mengukur jumlah air yang dikeluarkan dari papan partikel melalui pemanasan dalam oven dengan rumus:

$$\text{Kadar Air} = \frac{B_0 - B_1}{B_1} \times 100 \%$$

Keterangan :

KA = kadar air (%)

B₀ = berat awal sampel uji setelah pengkondisian (gram)

B₁ = berat kering tanur sampel uji (gram)

- Uji Pengembangan Tebal Setelah Direndam Air : Mengukur penambahan ketebalan papan partikel akibat perendaman dalam air dengan rumus:

$$\text{Pengembangan Tebal} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \%$$

Keterangan:

PT = Pengembangan Tebal (%)

T₁ = adalah tebal sebelum direndam air (mm).

T₂ = adalah tebal setelah direndam air (mm).

- Daya Serap Air : Mengukur seberapa banyak air yang diserap papan semen setelah direndam dalam air dengan rumus:

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100 \%$$

Keterangan:

DSA = Pengembangan Tebal (%)

B₁ = adalah berat sebelum direndam air (g).

B₂ = adalah berat setelah direndam air (g).

Analisa Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) karena bahan dan lingkungan percobaan relatif homogen serta unit percobaan yang dilakukan dalam skala kecil (lab). Data yang dikumpulkan akan dianalisis keragamannya untuk menentukan perbedaan antar perlakuan. Ini akan dilakukan dengan menggunakan model berikut dengan SPSS 20 :

$$\text{Model Linier RAL: } Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = Pengamatan pada perlakuan ke-I, ulangan ke-j

μ = Rataan umum

T_i = Pengaruh perlakuan ke – i

ϵ_{ij} = Galat percobaan perlakuan ke- i, ulangan ke- j

Jika analisis keragaman menunjukkan pengaruh signifikan antara variasi jumlah semen dengan serbuk batang sawit dengan sifat fisiknya maka dilakukan uji BNT. Setelah uji ANOVA, dilakukan uji lanjutan dengan metode BNT untuk melihat perlakuan mana yang berbeda secara signifikan dengan rumus :

$$BNT = t \frac{\alpha}{2}, dbg \times \sqrt{\frac{2 KTG}{r}}$$

Keterangan :

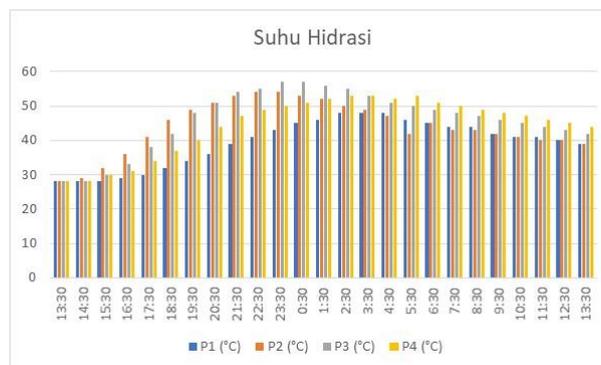
t = perlakuan

r = ulangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Hidrasi

Untuk mengetahui seberapa mengikat limbah batang kelapa sawit dengan perekatnya (semen), suhu hidrasi diukur setiap jam selama 24 jam. Suhu hidrasi yang lebih tinggi menunjukkan bahwa batang kelapa sawit lebih cocok sebagai bahan baku papan semen. Hubungan antara suhu hidrasi dan waktu pengukuran ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Hubungan antara suhu hidrasi dengan waktu pengukuran.

Dimana P1 adalah campuran (Semen + Air), P2 adalah campuran (Semen + Air + MgCl), P3 adalah campuran (Semen + Air + MgCl + Serbuk Sawit tanpa perendaman) dan P4 adalah campuran (Semen + Air + MgCl + Serbuk Sawit yang direndam).

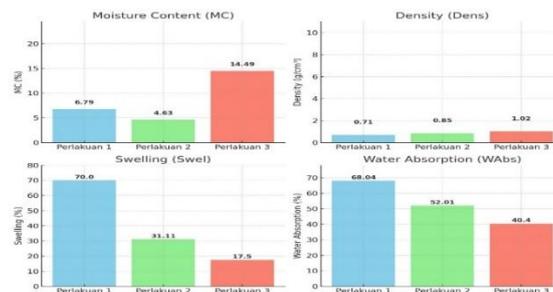
Dalam industri papan partikel, pengendalian suhu hidrasi adalah faktor krusial yang mempengaruhi kualitas produk akhir. Papan partikel dibuat dari bahan baku seperti serat kayu dan biomassa lainnya digabungkan dengan perekat. Proses hidrasi melibatkan reaksi termal terhadap kelembapan, yang berdampak pada kekuatan dan stabilitas papan. Suhu hidrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan reaksi eksotermik berlebihan, mengakibatkan pengerasan berlebihan dan retakan mikro, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menghambat pengikatan perekat, menghasilkan papan yang kurang kuat.

Penelitian oleh Hamedani dkk.(2013) menunjukkan bahwa suhu hidrasi optimal berada dalam kisaran moderat untuk mendukung pengikatan perekat tanpa memicu

reaksi berlebihan. Yogi dkk.(2020) menemukan bahwa suhu 65 °C adalah ideal untuk produksi papan partikel, memungkinkan ikatan yang kuat tanpa risiko degradasi termal. Data menunjukkan bahwa campuran P1 hingga P4 memiliki suhu hidrasi antara 40°C hingga 57°C, dengan campuran P3 mencapai suhu maksimal 57°C, menandakan potensi kualitas baik dan lebih efisien karena dilakukan tanpa perendaman serbuk terlebih dahulu.

Berdasarkan standar LPHH-Bogor, limbah batang kelapa sawit tanpa perendaman dapat digunakan sebagai bahan baku papan semen. Suhu di atas 41°C dianggap baik.. Penelitian ini menegaskan pentingnya pengendalian suhu hidrasi untuk memastikan kualitas papan partikel yang kuat dan tahan lama.

Sifat Fisika Papan Semen Limbah Batang Sawit dan Pengaruh Perbandingan Semen dengan Limbah Batang Sawit terhadap Sifat Fisika



Gambar 3. Rata-rata variabel sifat fisik papan semen.

Tabel 1. Analisis Variasi sifat fisik papan semen.

	Sumber Keragaman	DB	JK	KT	Fhit	Sig.
Kadar Air	Perlakuan	2	160.978	80.489	20.207	0.002
	Galat	6	23.899	3.983		
	Total	8	184.877			
Kerapatan	Perlakuan	2	0.147	0.074	30.865	0.001
	Galat	6	0.014	0.002		
	Total	8	0.162			
P. Tebal	Perlakuan	2	4453.746	2226.873	95.911	0
	Galat	6	139.309	23.218		
	Total	8	4593.055			
DSA	Perlakuan	2	1155.431	577.716	14.03	0.005
	Galat	6	247.064	41.177		
	Total	8	1402.495			

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa pada keempat variabel yang diuji (kadar air, kerapatan, ketebalan, dan DSA), perlakuan yang berbeda secara signifikan mempengaruhi hasil. Dimungkinkan untuk menyimpulkan bahwa ada perbedaan yang nyata dalam penelitian ini. Ini karena semua nilai p-value lebih kecil dari 0.05. Perlakuan yang berbeda berpengaruh terhadap sifat fisika seperti kadar air, kerapatan, pengembangan tebal, dan daya serap air.

Setelah temuan ini, langkah selanjutnya adalah melakukan Uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perlakuan mana yang sangat berbeda satu sama lain. Uji BNT membantu mengidentifikasi secara spesifik perlakuan mana yang memiliki perbedaan nyata. Hasil Uji BNT dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. Uji BNT sifat fisik papan semen.

Dependent Variable	(I) Code	(J) Code	Mean Difference (I-J)	Sig.	
Kadar Air	Tukey HSD	Perlakuan A	Perlakuan B	2.156667	0.434
			Perlakuan C	-7.696667	0.008
		Perlakuan B	Perlakuan A	-2.156667	0.434
			Perlakuan C	-9.853333	0.002
		Perlakuan C	Perlakuan A	7.696667	0.008
			Perlakuan B	9.853333	0.002
	LSD	Perlakuan A	Perlakuan B	2.156667	0.234
			Perlakuan C	-7.696667	0.003
		Perlakuan B	Perlakuan A	-2.156667	0.234
			Perlakuan C	-9.853333	0.001
		Perlakuan C	Perlakuan A	7.696667	0.003
			Perlakuan B	9.853333	0.001
Kerapatan	Tukey HSD	Perlakuan A	Perlakuan B	-.146667	0.024
			Perlakuan C	-.313333	0.001
		Perlakuan B	Perlakuan A	.146667	0.024
			Perlakuan C	-.166667	0.014
		Perlakuan C	Perlakuan A	.313333	0.001
			Perlakuan B	.166667	0.014
	LSD	Perlakuan A	Perlakuan B	-.146667	0.01
			Perlakuan C	-.313333	0
		Perlakuan B	Perlakuan A	.146667	0.01
			Perlakuan C	-.166667	0.006
		Perlakuan C	Perlakuan A	.313333	0
			Perlakuan B	.166667	0.006
Pengembangan Tebal	Tukey HSD	Perlakuan A	Perlakuan B	38.886667	0
			Perlakuan C	52.500000	0
		Perlakuan B	Perlakuan A	-38.886667	0
			Perlakuan C	13.613333	0.031
		Perlakuan C	Perlakuan A	-52.500000	0
			Perlakuan B	-13.613333	0.031
	LSD	Perlakuan A	Perlakuan B	38.886667	0
			Perlakuan C	52.500000	0
		Perlakuan B	Perlakuan A	-38.886667	0
			Perlakuan C	13.613333	0.013
		Perlakuan C	Perlakuan A	-52.500000	0
			Perlakuan B	-13.613333	0.013
Daya Serap Air	Tukey HSD	Perlakuan A	Perlakuan B	16.026667	0.051
			Perlakuan C	27.636667	0.005
		Perlakuan B	Perlakuan A	-16.026667	0.051
			Perlakuan C	11.61	0.147
		Perlakuan C	Perlakuan A	-27.636667	0.005
			Perlakuan B	-11.61	0.147
	LSD	Perlakuan A	Perlakuan B	16.026667	0.022
			Perlakuan C	27.636667	0.002
		Perlakuan B	Perlakuan A	-16.026667	0.022
			Perlakuan C	11.61	0.069
		Perlakuan C	Perlakuan A	-27.636667	0.002
			Perlakuan B	-11.61	0.069

Kerapatan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kerapatan papan semen yang dihasilkan berkisar antara 0.70 g/cm^3 hingga 1.02 g/cm^3 , dengan perlakuan A dan B tidak memenuhi target kerapatan 1 g/cm^3 , sementara perlakuan C mencapai kerapatan tertinggi. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-2006, kerapatan papan semen yang memenuhi standar berkisar antara 0.4 g/cm^3 hingga 0.9 g/cm^3 , sehingga perlakuan A dan B telah memenuhi persyaratan tersebut.

Perlakuan A (70:30) menghasilkan kerapatan terendah sebesar 0.70 g/cm^3 , menunjukkan papan yang lebih ringan dan lebih berpori, dengan kekuatan mekanis yang lebih rendah. Perlakuan B (75:25) menghasilkan kerapatan 0.85 g/cm^3 , yang lebih padat dan lebih kuat, meskipun dengan peningkatan berat. Perlakuan C (80:20) menghasilkan kerapatan tertinggi sebesar 1.02 g/cm^3 , yang memenuhi target kerapatan, namun juga menambah berat material. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Santoso (2024) yang menyatakan bahwa kerapatan yang tinggi dihasilkan dari hubungan antara partikel dan semen, dimana partikel satu dengan lainnya berikatan dan berat semen lebih banyak mengisi ruang kosong yang ada sehingga mengurangi adanya potensi ruang atau rongga di dalam partikel.

Analisis lanjut dari variabel kerapatan menunjukkan perbedaan signifikan antara semua pasangan perlakuan. Perbandingan antara perlakuan A dan B menunjukkan peningkatan kerapatan pada perlakuan B sebesar 0.146667 dengan p-value 0.024 , yang mengindikasikan bahwa semakin banyak semen, semakin tinggi kerapatannya. Namun, ketika perlakuan B dibandingkan dengan perlakuan C, perlakuan B memiliki kerapatan lebih rendah sebesar 0.166667 dengan p-value 0.014 , yang disebabkan oleh proporsi semen yang lebih tinggi pada perlakuan C (80%). Hasil ini sejalan dengan temuan Wijoyo (2017), yang menyatakan bahwa peningkatan jumlah semen sebanding dengan peningkatan kerapatan papan, sementara penambahan limbah batang sawit justru menurunkan kerapatan. Kerapatan yang lebih tinggi berhubungan dengan peningkatan kekuatan mekanis, dimana hal ini juga sejalan dengan temuan Juliadi (2023) dan juga Wulandari (2012), yang menunjukkan bahwa kekuatan papan meningkat seiring dengan bertambahnya kerapatan.

Kadar Air

Kadar air papan semen rata-rata berkisar antara 6.79% dan 14.49% , dengan perlakuan C memiliki nilai rata-rata tertinggi dan perlakuan B memiliki nilai rata-rata terendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air meningkat.

Dengan mempertimbangkan berbagai karakteristik tersebut, setiap perlakuan memiliki keunggulan dan kelemahan yang sesuai untuk berbagai aplikasi. Papan dari perlakuan A, dengan kadar air rata-rata 6.79% , lebih cocok untuk aplikasi yang membutuhkan material dengan kadar air rendah, seperti furnitur dalam ruangan yang tidak terpapar kelembapan tinggi. Papan dari perlakuan B, dengan kadar air rata-rata 4.63% , ideal untuk aplikasi yang memerlukan kadar air sangat rendah, seperti panel dinding atau lantai yang membutuhkan stabilitas dimensi tinggi. Sedangkan papan dari perlakuan C, dengan kadar air rata-rata 14.49% , menawarkan kemampuan menyerap air yang tinggi, meskipun memiliki kelemahan dalam hal stabilitas dimensi. Hal ini lebih sesuai untuk aplikasi yang tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan kadar air, seperti penggunaan luar ruangan atau sebagai bahan dasar untuk produk yang memerlukan sifat higroskopis tinggi.

Tabel analisis statistik pada uji Tukey HSD dan LSD yang menunjukkan perbandingan antara perlakuan (Perlakuan A, B, dan C) untuk variabel kadar air tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan A dengan perlakuan B. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan rasio semen dari 70% menjadi 75% tidak secara substansial mempengaruhi kadar air. Untuk perbandingan antara perlakuan A dengan

perlakuan C menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam variabel kadar air ini dengan selisih rata-rata antara perlakuan adalah -7.696667 dan p-value 0.008. Meskipun semen yang digunakan pada perlakuan C lebih banyak, namun kadar airnya juga lebih tinggi terlihat dari selisih rata-rata antara perlakuan A dengan C menunjukkan nilai negative, artinya nilai C lebih tinggi.

Kadar air yang tinggi dalam panel komposit kayu sering kali dipengaruhi oleh beberapa faktor, terutama jumlah perekat dan kondisi proses pemadatan. Studi terhadap panel partikel berbasis limbah bunga matahari menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi perekat PVAc dari 10 % menjadi 20 % secara signifikan mengurangi kadar air karena pelapisan partikel yang lebih baik, meminimalkan porositas dan retensi air (Indrayanti dkk., 2024). Lebih lanjut, efek serupa ditemukan pada panel dari residu kopi dengan urea-formaldehida: semakin tinggi kadar perekat, semakin kecil imbibisi air dan pembesaran tebal (Rachtanapun dkk., 2012). Selain itu, penelitian pada perekat berbasis fruktosa menunjukkan bahwa peningkatan jumlah perekat dan waktu hot-pressing memperbaiki kestabilan dimensi—terutama mengurangi pembesaran tebal dan imbibisi—karena jaringan kimia perekat yang lebih terikat sempurna (Rossenfeld., 2022). Dengan demikian pernyataan beberapa referensi terdahulu yang menyebutkan bahwa pengaruh perekat dan kombinasinya sangat berpengaruh pada sifat fisik produk memiliki bukti terbaru. Tekanan yang diberikan pada tiap perlakuan adalah sebesar 17 kg (3777,77 Pa) selama 24 jam. Selain itu, Menurut Desi dkk. (2015) menjelaskan bahwa jumlah air yang digunakan untuk sejumlah semen menentukan kualitas adukan campuran yang dihasilkan. Sementara itu jumlah air yang digunakan dalam setiap perlakuan adalah setengah dari massa semen dari tiap-tiap perlakuan. Hal tersebut yang menyebabkan adonan semen menjadi tidak optimal.

Pengempaan yang tidak maksimal meskipun menggunakan jumlah semen yang lebih banyak, pori-pori pada papan semen akan tetap terbuka yang memungkinkan air terperangkap di dalam pori-pori tersebut. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan pengurangan kekuatan produk papan semen. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan proses pengempaan dengan optimal agar dihasilkan papan semen yang kekuatannya berkualitas baik.

Pengembangan Tebal

Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan semen perbandingan A (70 % semen) memiliki nilai pengembangan tebal tertinggi dan perbandingan C (80 % semen) memiliki nilai terendah. Hal ini mungkin disebabkan oleh komposisi material yang lebih higroskopis, yang membuatnya lebih mudah menyerap air. Sifat higroskopis ini dapat dikaitkan dengan kandungan lignin dan selulosa dalam material, yang dikenal memiliki kemampuan menyerap dan melepaskan air dengan mudah (Haygreen dan Bowyer, 1996) dalam Yazan (2025). Karena jumlah semen yang digunakan lebih besar daripada jumlah limbah batang sawit, perlakuan C memiliki nilai rata-rata terendah.

Nilai pengembangan tebal berada diantara 17.50% dan 70.00%. Hal ini menunjukkan bahwa papan semen dari campuran limbah batang sawit memiliki kestabilan dimensi yang rendah, karena nilai pengembangan tebal setelah perendaman 24 jam menggunakan air dingin cukup tinggi dan tidak sesuai SNI 03-2105-2006, yaitu nilai memenuhi standar adalah kurang dari 12 %. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian oleh Thomas dkk. (2022) yang mencatat bahwa perubahan dimensi dan volume papan partikel berbasis semen dapat signifikan selama perubahan suhu dan kelembapan yang tiba-tiba. Hal ini menunjukkan bahwa papan semen sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan, yang dapat mempengaruhi stabilitas dimensi dan kekuatan mekanisnya. Selain itu, penelitian Engehausen (2024) dalam jurnal *Fibers* menyebutkan bahwa pengembangan tebal papan semen yang ideal untuk aplikasi struktural berkisar antara

5% hingga 10%. Pengembangan tebal yang lebih tinggi dapat menurunkan daya tahan terhadap tekanan dan deformasi.

Hasil analisis pada variabel pengembangan tebal menunjukkan bahwa hasil pada uji Tukey HSD dan LSD terdapat perbedaan signifikan antar semua pasangan perlakuan. Masing-masing dari tiga perlakuan dibandingkan secara berpasangan yaitu Perlakuan A, Perlakuan B, dan Perlakuan C. Perbandingan antara perlakuan A dan B menunjukkan bahwa penambahan serbuk limbah batang sawit pada perlakuan A menyebabkan peningkatan pengembangan tebal sebesar selisih rata-rata perlakuan yaitu 39.886667 dan berbeda signifikan dengan p-value < 0.05 yaitu 0. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak serbuk limbah batang sawit maka pengembangan tebalnya semakin tinggi. Ketika perlakuan A dibandingkan dengan perlakuan C, hasilnya menunjukkan pengembangan tebal perlakuan A jauh lebih tinggi lagi dengan selisih 52.500000 dan berbeda signifikan dengan p-value 0. Hal tersebut juga disebabkan oleh lebih banyaknya jumlah serbuk limbah batang kelapa sawit yang digunakan pada perlakuan A dibandingkan dengan perlakuan lainnya, yaitu sebesar 30 % dari total komposisi. Hal ini sejalan dengan klaim Simbolon dkk.(2015) dan Purwanto (2014) dalam Arniwaati (2022) yang menyatakan bahwa semakin banyak komposisi semen yang digunakan maka semakin banyak partikel yang dapat diikat oleh semen tersebut. Dalam kasus ini, limbah batang sawit bersifat *voluminous*, artinya memiliki massa yang sedikit namun volume yang besar. Akibatnya, semen tidak dapat menutupi seluruh permukaan partikel. Maka perlakuan A menjadi perlakuan yang memiliki nilai pengembangan tebal tertinggi.

Daya Serap Air

Daya serap air papan semen ini diukur berdasarkan ketentuan Japanese Industrial Standards (JIS) A 5417–1992, meskipun tidak ada standar nilai khusus untuk daya serap air papan semen. Namun, seperti halnya pengembangan tebal, uji ketahanan terhadap air harus dilakukan, karena daya serap air merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas papan partikel berbasis semen. Penelitian ini menegaskan bahwa daya serap air tidak hanya mempengaruhi stabilitas dimensi tetapi juga kekuatan struktural papan semen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan semen dengan perlakuan C (80 % semen) memiliki nilai daya serap air yang lebih rendah setelah direndam 24 jam menggunakan air dingin dibandingkan papan semen dengan perlakuan A (70 % semen). Tetapi nilai daya serap air dari tiap perbandingan masih cukup tinggi yaitu berkisar antara 40.41% dan 68.04%. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh (Ginting dkk., 2016) mencatat bahwa daya serap air papan partikel meningkat dengan semakin lamanya perendaman papan partikel dalam air. Selain faktor lamanya perendaman, ada faktor lain yaitu sifat higroskopis bahan papan semen.

Hasil uji Tukey HSD juga menunjukkan, perbandingan antara perlakuan A dan B serta antara perlakuan B dan C tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan. Artinya penambahan semen atau pengurangan serbuk dari 70% : 30% menjadi 75% : 25% maupun dari 75% : 25% menjadi 80% : 20%. Artinya perlakuan-perlakuan yang memiliki daya serap air rata-rata yang sama secara statistik atau setiap perlakuan menghasilkan daya serap air papan semen yang tidak berbeda secara signifikan satu sama lain. Sementara itu, hasil dari perbandingan antara perlakuan A dan C menunjukkan pengaruh yang signifikan dengan daya serap air perlakuan A lebih tinggi dengan selisih 27.636667 dan berbeda signifikan dengan p-value 0.005.

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun setiap perbandingan memiliki jumlah semen yang lebih dominan, jika persentase semen ditingkatkan maka papan semen dengan perbandingan jumlah serbuk yang lebih besar menyerap air lebih banyak daripada papan semen dengan limbah batang sawit yang sedikit. Hal ini disebabkan oleh sifat higroskopis bahan limbah batang sawit dan kurang padat sehingga semen kurang

mampu mengikat bahan lainnya. Menurut Siska (2018), kepadatan tinggi bisa dikaitkan dengan sifat dari ukuran kulit/ partikel kayu yang dapat meningkatkan ikatan dan mengisi ruang kosong di papan. Sejalan dengan hasil penelitian Hermawan (2014) menunjukkan kadar lignin dalam batang sawit termasuk sedang ya itu sebesar 20,679 %. Ini menunjukkan bahwa meskipun kandungan lignin dalam kategori sedang dapat meningkatkan stabilitas dimensinya, material ini tetap memiliki kecenderungan untuk menyerap banyak air.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Nilai kerapatan dan kadar air papan semen perlakuan A (70:30) dan B (75:25) memenuhi SNI 03-2105-2006, dengan kerapatan berkisar antara 0.70 hingga 0.85 g/cm³. Variasi perbandingan semen dan limbah batang kelapa sawit memengaruhi sifat fisika papan semen. Penggunaan lebih banyak semen pada perlakuan A dan B meningkatkan kerapatan. Namun, papan semen dengan rasio semen tinggi pada perlakuan C (80 : 20%) memiliki kadar air yang tinggi yaitu 14.49 %, kemungkinan dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti jumlah air dalam perlakuan dan proses kempa yang optimal. Peningkatan jumlah semen mengurangi pengembangan tebal dan daya serap air, tetapi semua campuran masih menunjukkan nilai pengembangan tebal yang melebihi standar dan daya serap air yang tinggi.

Saran

Meskipun papan semen berbasis limbah batang kelapa sawit memiliki potensi sebagai material konstruksi alternatif, masih diperlukan optimasi formulasi untuk meningkatkan stabilitas dimensi dan ketahanan air. Studi lebih lanjut dapat dilakukan dengan mengevaluasi penggunaan bahan aditif seperti silika fume atau lateks untuk meningkatkan performa material.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima disampaikan kepada Laboratorium Rekayasa Hasil Hutan dan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Papua.

Daftar Pustaka

- AntaraneWS. (2023). Diakses dari (<https://www.antaraneWS.com>).
- Arniwati, Wulandari, F. T., & Lestari, A. T. 2022. Sifat fisika papan semen partikel dari serbuk gergaji kayu kempas (*Koompassia malaccensis* Maing) (Physical Properties of Cement Particle Board from Sawdust of Kempas Wood (*Koompassia malaccensis* Maing)). *Jurnal Rimba Lestari*, 2(2), 109–116. <https://doi.org/10.29303/rimbalestari.v2i2.4>
- Bakri & Sanusi. 2016. Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Kayu Semen Serbuk Gergajian. *Jurnal. Jurusan Kehutanan. Universitas Hasanuddin*.
- Desi Natarina S., Luthfi Hakim, Tito Sucipto. 2015. Kualitas Papan Semen dari Partikel Serutan Pensil dengan Berbagai Rasio Semen dan Partikel. *Universitas Sumatera Utara*.
- Engehausen, N., Benthien, J. T., & Lüdtke, J. (2024). Influence of Particle Size on the Mechanical Properties of Single-Layer Particleboards. *Fibers*, 12(4), 32. (<https://doi.org/10.3390/fib12040032>)
- Ginting, E. U., Iswanto, A. H. A., & I, A. (2016). *Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dengan Menggunakan Campuran Perikat UF dan PF pada Berbagai Suhu Pengempaan*. *Journal Lignocellulose Technol*, 01, 51-57.

- Hamedani, H., Moini, M., & Rahimi, S. (2013). *Investigation of hydration heat in wood-based composites for particleboard production*. Journal of Materials Science Research, 2(4), 23-30. (<https://doi.org/10.5539/jmsr.v2n4p23>)
- Haygreen, J. G., & Bowyer, J. L. (1996). *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar*. (A. H. Sujipto, Penerjemah). Gajah Mada University Press. (Terjemahan dari: *Forest Product and Wood Science: An Introduction*).
- Hermawan, A., Diba, F., Mariani, Y., Setyawati, D., & Nurhaida. (2014). *Sifat Kimia Batang Kelapa Sawit (Elaeis guinensis Jacq) Berdasarkan Letak Ketinggian dan Kedalaman Batang*. Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura.
- Ibrahim, N. I., Sultan, M. T. H., Jawaid, M., Saba, N., & Azry, S. S. (2019). Potential and characteristics of oil palm trunk as material in oriented strand board for structural application. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 8(1S5), 234–240.
- Indrayanti, L., Siska, G., Santosa, M. (2024). Evaluating the physical and mechanical properties of particleboards fabricated from Vernonia arborea Buch. -Ham and Eleocharis sp. fibers with PVAc adhesive. Annales de Chimie - Science des Matériaux, Vol. 48, No. 2, pp. 215-222. <https://doi.org/10.18280/acsm.480208>
- Japanese Industrial Standard (JIS). (1992). *Cement Board*. JIS A 5417. Japanese Standard Association, Japan.
- Juliadi, E., Anwar, H., & Webliana, K. (2023). Sifat fisika dan mekanika papan semen partikel dari limbah kertas HVS. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram
- Kementerian Pertanian. (2020). *Statistik kelapa sawit Indonesia*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- K.I. Ismail, M.T.H. Sultan, A.U.M. Shah, M. Jawaid, S.N.A. Safri. 2019. Low velocity impact and compression after impact properties of hybrid bio-composites modified with multi-walled carbon nanotubes, II Compos. Part B Eng.
- Lim, A., Chew, J.J., Ngu, L.H., Ismadji, S., Khaerudini, D.S., & Sunarso, J. (2020). *Synthesis, characterization, adsorption isotherm, and kinetic study of oil palm trunk-derived activated carbon for tannin removal from aqueous solution*. ACS Omega, 5, 28673–28683.
- Nuryawan, A., Sutiawan, J., Rahmawaty, Masruchin, N., & Bekhta, P. (2022). *Panel Products Made of Oil Palm Trunk: A Review of Potency, Environmental Aspect, and Comparison with Wood-Based Composites*. Published: 26 April 2022.
- Odeyemi, S. O., Abdulwahab, R., Adeniyi, A. G., & Atoyebi, O. D. (2020). *Physical and mechanical properties of cement-bonded particle board produced from African balsam tree (Populous Balsamifera) and periwinkle shell residues*. Results in Engineering, 6, 100126. (<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100126>)
- Pangestu, A., Ismiasih, & Purwadi. (2021). STRATEGI PETANI DALAM MELAKUKAN PEREMAJAAN (REPLANTING) PADA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI DESA BANDAR TONGAH KEC. BANDAR HULUAN, KAB. SIMALUNGUN, SUMATERA UTARA. Journal Agrifitia, 1(1).
- Quiroga, A., Marzocchi, V., & Rintoul, I. (2016). *Influence of wood treatments on mechanical properties of wood-cement composites and of Populus Euroamericana wood fibers*. Composites Part B: (<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.08.069>)
- Rachtanapun, Pornchai & Sattayarak, Teerarat & Ketsamak, Nisachon. (2012). Correlation of density and properties of particleboard from coffee waste with urea-formaldehyde and polymeric methylene diphenyl diisocyanates. Journal of Composite Materials. 46. 1839-1850. 10.1177/0021998311426624
- Rosenfeld, C., Solt-Rindler, P., Sailer-Kronlachner, W., Kuncinger, T., Konnerth, J., Geyer, A., & van Herwijnen, H. W. G. (2022). Effect of Mat Moisture Content, Adhesive Amount and Press Time on the Performance of Particleboards Bonded

- with Fructose-Based Adhesives. *Materials* (Basel, Switzerland), 15(23), 8701. <https://doi.org/10.3390/ma15238701>
- Santoso, M., Luhan, G., Putra, A. W., Christy, E. O., Silvianingsih, Y. A., Yanciluk, & Pidjath, C. 2024. Kualitas papan semen dari partikel bamban (*Donax canniformis*) (Quality of Cement Board of Bamban (*Donax canniformis*) Particles). *Jurnal Hutan Tropika*, 19(1), 108–116. <https://doi.org/10.36873/jht.v19i1.14252>
- Siska, G., Sarinah, Luhan, G., & Sinaga, S. M. 2018. Sifat fisika dan mekanika papan semen partikel dari limbah kayu alau (*Dacrydium* spp.) dengan berbagai rasio bahan baku dan tingkat substitusi gypsum (Physical and Mechanical Properties of Particle Cement of *Dacrydium* sp. Wood Waste With Different Raw Material Rate and Gypsum Substitution Level). Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-2006.
- Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia. (1986). PB.1989:3.2-8.
- Suryani, E., Marlina, R., & Yusuf, R. (2019). *Dampak lingkungan dari pembakaran limbah kelapa sawit dan alternatif pemanfaatannya*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 43-54.
- Thomas, R. J., Collins, M. P., & Lee, S. (2019). *Effect of organic fibers on the physical and mechanical properties of cement composites*. *Materials Science Forum*, 956, 101-108.
- Wijoyo, J. (2017). *Sifat fisika Papan Semen Partikel Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis*)*. Universitas Mataram, Mataram.
- Wulandari, F T. 2012. Deskripsi Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Tangkai Daun Nipah (*Nypafruticans*. Wurmb) dan Papan Partikel Batang Bengle (*Zingiber cassumunar*. Roxb). *Media Bina Ilmiah*. 6 (6) : 7-11
- Yazan, S., Yuniarti, & Istikowati, W. T. 2025. Pengaruh konsentrasi semen terhadap sifat fisik dan mekanik papan semen partikel dari kayu akasia (*Acacia auriculiformis*) (The Effect of Cement Concentration on the Physical and Mechanical Properties of Particle Cement Boards Made from Acacia Wood (*Acacia auriculiformis*)). Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat.
- Yogi, Y., Yani, A., & Nurhaida, N. (2020). *Sifat fisika dan mekanik papan semen berdasarkan komposisi dan ukuran serat sabut kelapa (*Cocos nucifera*)*. *Jurnal Hutan Lestari*, 9(4), 48656. <https://doi.org/10.26418/jhl.v9i4.48656>