

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)

Arniwati*, Febriana Tri Wulandari, dan Andi Tri Lestari

Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram
Jl. Pendidikan No. 37, Kel. Dasan Agung Baru, Kec. Selaparang, Kota Mataram, 83125, Nusa
Tenggara Barat, Indonesia.

*e-mail: arniwt07@gmail.com

ABSTRACT

*The increasing demand for wood and the diminishing potential of forests necessitate the efficient and prudent use of wood resources. To address this issue, alternatives to wood are required, and one such option is particleboard made from wood sawdust. The abundance of waste sawdust from kempas wood (*Koompassia malaccensis* Maing) is noteworthy, yet this waste material remains underutilized. The objective of this research is to determine: i.) the influence of the particle-to-cement ratio, ii.) the effect of different compressive pressures on the physical properties of kempas wood sawdust particleboard, and iii.) the interaction between the particle-to-cement ratio and compressive pressure on the physical properties of kempas wood sawdust particleboard. In this study, a factorial completely randomized design with two factors was employed. The first factor is the particle-to-cement ratio (P), consisting of three levels: P1 (1:3), P2 (1:4), and P3 (1:5). The second factor is the difference in compressive pressure (T), comprising two levels: T1 (25 kg/cm²) and T2 (35 kg/cm²). There are a total of 6 treatments resulting from the combination of these two factors, repeated three times, and yielding 18 test samples. The results indicate that the ratio of cement to particles only significantly affects density at a significance level of 0.05 but does not impact moisture content and thickness swelling of kempas wood sawdust particleboard. The variation in compressive pressure does not influence any of the physical properties (density, moisture content, and thickness swelling) of the particleboard. Furthermore, the interaction between the particle-to-cement ratio and compressive pressure does not significantly affect any of the physical properties (density, moisture content, and thickness swelling) of kempas wood sawdust particleboard.*

Keywords: *physical properties, particle cement board, kempas wood.*

ABSTRAK

Kebutuhan kayu yang terus meningkat dan potensi hutan yang terus berkurang menuntut penggunaan kayu secara efisien dan bijaksana. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan adanya alternatif pengganti kayu, salah satunya yaitu papan semen partikel. Limbah serbuk gergaji kayu kempas (*Koompassia malaccensis* Maing) sangat melimpah, tetapi limbah serbuk gergaji kayu tersebut belum dimanfaatkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui: i.) pengaruh perbandingan partikel dengan semen, ii.) pengaruh perbedaan tekanan

kempa terhadap sifat fisika papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas dan iii.) interaksi antara perbandingan partikel dengan semen dan perbedaan tekanan kempa terhadap sifat fisika papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas. Dalam penelitian ini model rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama yaitu faktor perbandingan partikel (P) yang terdiri dari 3 aras yaitu P1 (1:3), P2 (1:4), dan P3 (1:5). Sedangkan faktor kedua yaitu perbedaan tekanan kempa (T) yang terdiri dari 2 aras yaitu T1 (25 kg/cm²) dan T2 (35 25 kg/cm²). Dari kombinasi kedua faktor tersebut terdapat 6 perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 18 sampel pengujian). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbandingan semen dan partikel hanya berpengaruh terhadap kerapatan pada tingkat signifikansi 0,05, namun tidak berpengaruh terhadap kadar air dan pengembangan tebal papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas. Perbedaan tekanan kempa tidak berpengaruh terhadap seluruh sifat sifat fisika (kerapatan, kadar air dan pengembangan tebal) papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas. Adapun interaksi perbandingan semen dengan partikel dan perbedaan tekanan kempa juga tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh sifat sifat fisika (kerapatan, kadar air dan pengembangan tebal) papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas.

Kata kunci: kayu kempas, papan semen partikel, sifat fisika.

PENDAHULUAN

Kebutuhan kayu yang terus meningkat dan potensi hutan yang terus berkurang menuntut penggunaan kayu secara efisien dan bijaksana (Widiyanto, 2006), sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan adanya alternatif pengganti kayu, dimana salah satunya yaitu papan semen partikel. Papan semen partikel adalah salah satu jenis produk yang tergolong dalam komposit kayu, yang dibuat dari campuran partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya dengan semen sebagai perekatnya (Sutigno *et al.*, 1977 *cit.* Dewi, 2003). Semen bersifat higroskopis yaitu tidak bisa menyerap air, sehingga kembang susutnya rendah, dengan demikian lebih bagus dibandingkan dengan papan partikel atau papan laminasi.

Salah satu bahan berlignoselulosa adalah kayu kempas. Kayu kempas (*Koompassia malaccensis* Maing) merupakan salah satu kayu yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Kayu kempas banyak dijumpai di Industri penggergajian kayu dan biasanya dijual dalam bentuk papan atau balok. Limbah serbuk hasil gergajian kayu kempas dibiarkan menumpuk dan hanya sedikit yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Dengan adanya teknologi saat ini, maka limbah serbuk gergaji ini dapat dikonversi menjadi papan tiruan yang dikenal dengan istilah papan komposit. Papan komposit sangat ideal dikembangkan sebagai pengganti produk utama kayu karena memiliki keunggulan antara lain adalah bahan bakunya yang berasal dari berbagai limbah kayu dan non kayu. Pembuatan papan komposit dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan limbah yang sampai saat ini menjadi masalah besar di Indonesia. Limbah tersebut akan menjadi produk-produk daur ulang yang dapat memberikan nilai manfaat dan nilai ekonomi bagi masyarakat.

Penelitian papan semen dari limbah serbuk gergaji kayu kempas belum pernah dilakukan sebelumnya, sehingga belum ada data yang jelas mengenai papan semen partikel dari limbah serbuk gergaji kayu kempas ini. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas papan semen yang di hasilkan dari serbuk gergaji kayu kempas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui: i.) pengaruh perbandingan partikel dengan semen, ii.) pengaruh perbedaan tekanan kempa terhadap sifat fisika papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas dan iii.) interaksi antara perbandingan partikel dengan semen dan perbedaan tekanan kempa terhadap sifat fisika papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-Agustus 2020. Pembuatan papan semen partikel dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik Universitas Mataram dan Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Model rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama yaitu faktor perbandingan partikel (P) yang terdiri dari 3 aras yaitu P1 (1:3), P2 (1:4), dan P3 (1:5). Sedangkan faktor kedua yaitu perbedaan tekanan kempa (T) yang terdiri dari 2 aras yaitu T1 (25 kg/cm²) dan T2 (35 25 kg/cm²). Dari kombinasi kedua faktor tersebut terdapat 6 perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 18 sampel pengujian. Pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan bahan baku, pengayakan bahan baku, pencampuran (*blending*) bahan baku, pengempaan mat atau pencetakan papan semen, pengkondisian pemotongan mat, dan pengujian papan menggunakan standar SNI 03-2105-2006.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Air

Kadar air merupakan sifat fisik papan partikel yang menunjukkan banyaknya kandungan air dalam kayu atau produk kayu (Bowyer *et al.* 2003). Hasil pengujian kadar air papan semen dari serbuk gergaji kayu kempas yang dihasilkan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai Rata-Rata Kadar Air Papan Semen Partikel Serbuk Gergaji Kayu Kempas
Table 1 Mean Moisture Content of Kempas Wood Sawdust Particleboard Cement Panels

Perbandingan Partikel	Tekanan	Kadar Air (%)
P1	T1	9,601
	T2	8,678
P2	T1	9,470
	T2	8,457
P3	T1	9,062
	T2	8,289
SNI		<14

Keterangan: P1=1:3, P2 = 1:4, P3 = 1:5, T1 = Tekanan Kempa 25 kg/m³, T2 = Tekanan Kempa 35 kg/cm³

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata hasil pengujian kadar air papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas berkisar antara 8,289%-9,601% dengan nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada perlakuan P1 (T1) sedangkan nilai rata-rata terendah diperoleh pada perlakuan P3 (T2).

Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio semen yang digunakan oleh papan semen maka kadar air yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini terjadi karena semakin banyak semen yang digunakan maka semakin banyak bahan partikel yang dapat diikat oleh semen. Selain itu, semen berperan secara langsung dalam meminimalisasi ruang kosong pada papan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Putra *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar semen, maka kadar air akan semakin rendah. Wahyuningsih (2011) menyatakan bahwa semakin sedikitnya ruang kosong dalam papan semen, maka kadar air yang terdapat pada papan semen semakin kecil. Proporsi semen yang lebih tinggi dapat mengisi ruang antar partikel serbuk gergaji secara rapat, sehingga serbuk gergaji tersebut sulit menyerap air, akibatnya kadar air menjadi lebih rendah (Bakri *et al.*, 2006). Nilai rata-rata kadar air papan semen partikel serbuk kayu kempas ini masuk ke dalam standar SNI 03-2105-2006 yaitu ≤14%.

Untuk mengetahui pengaruh perbandingan partikel dan perbedaan tekanan kempa terhadap nilai kadar air maka dilakukan uji keragaman dengan hasil yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Analisis Keragaman ANOVA Kadar Air Papan Semen Partikel Serbuk Gergaji Kayu Kemas

Table 2 Analysis of Variance (ANOVA) for Moisture Content in Kempas Wood Sawdust Particleboard Cement Panels

Sumber Keragaman	JK	DB	KT	F-hitung	Sig.
Perbandingan Partikel	0,249	2	0,125	0,130	0,880
Tekanan Kempa	3,668	1	3,668	3,813	0,075
Perbandingan Partikel * Tekanan Kempa	0,044	2	0,022	0,023	0,977
Error	11,546	12	0,962		
Total	1414,220	18			
Nilai Total	15,509	17			

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa perbandingan partikel, tekanan kempa, dan interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar air papan semen partikel limbah serbuk gergaji kayu kemas pada taraf signifikansi 0,05, sehingga tidak dilakukan uji lanjut BNJ (Beda Nyata Jujur).

B. Kerapatan

Kerapatan adalah salah satu sifat fisika yang menunjukkan banyaknya massa per satuan volume (Lubis, 2015). Hasil pengujian kerapatan papan semen partikel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Rata-Rata Kerapatan Papan Semen Partikel Serbuk Gergaji Kayu Kemas

Table 3 The Mean Density Value of Kempas Wood Sawdust Particleboard Cement Panels.

Perbandingan partikel	Tekanan	Kerapatan g/cm ³
P1	T1	1,327
	T2	1,355
P2	T1	1,478
	T2	1,501
P3	T1	1,471
	T2	1,553
SNI		0,4-0,9

Keterangan: P1=1:3, P2 = 1:4, P3 = 1:5, T1 = Tekanan Kempa 25 kg/m³, T2 = Tekanan Kempa 35 kg/cm³

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui nilai rata-rata kerapatan papan semen partikel serbuk gergaji kayu kemas berkisar antara 1,327-1,553 g/cm³ dengan rata-rata kerapatan tertinggi diperoleh dari perbandingan P3 (T2) dan nilai rata-rata terendah terdapat pada perbandingan P1 (T1). Rata-rata keseluruhan nilai pengujian kerapatan papan partikel tidak memenuhi kerapatan target yaitu sebesar 1 gr/cm³. Hal ini diduga pada saat pelepasan cetakan dan klem, partikel yang tidak terikat sempurna dengan semen ikatannya terlepas. Akibatnya susunan komponen bahan dalam papan tidak rapat dan memungkinkan adanya pori-pori yang tidak tertutup. Hal ini menyebabkan volume papan menjadi besar sementara kerapatan menjadi kecil. Hasil penelitian ini serupa dengan penelitian Sulastiningsih *et al.* (2000) yang melakukan pengkleman papan semen selama 20 jam, Bakri *et al.* (2006) yang melakukan pengkleman selama 24 jam, serta Sembiring *et al.* (2015) dalam penelitiannya dengan membuat papan semen yang diklem selama 4 hari, yang menyatakan nilai kerapatan papan rendah akibat ketebalan papan melebihi ketebalan target yang ditetapkan. Dalam penelitian Wuri (2012) juga menyatakan bahwa penelitian yang melebihi target kerapatan yang ditargetkan disebabkan oleh dimensi papan terutama tebal papan yang dihasilkan lebih rendah dari dimensi sasaran dan keseragaman tebal yang tidak merata sehingga kerapatan yang dihasilkan tidak merata sepanjang papan.

Berdasarkan hasil pengujian nilai tertinggi kerapatan papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas terdapat pada perbandingan P3 (T2). Hal ini disebabkan karena pada perbandingan tersebut jumlah semen yang digunakan lebih banyak. Sesuai dengan penelitian Simbolon *et al.* (2015) mengatakan bahwa semakin banyak semen maka semakin tinggi kerapatan, dikarenakan berat massa papan semen meningkat seiring dengan banyaknya penggunaan semen. Nilai kerapatan papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas mempengaruhi kekuatan papan semen partikel, dimana semakin tinggi nilai kerapatan papan akan semakin kuat namun menurunkan kestabilan dimensi. Untuk nilai kerapatan pada penelitian ini tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yaitu 0,4-0,9 gr/cm³ maupun JIS A(5417 1992) dengan nilai kerapatan 0,8 gr/cm³. Berdasarkan nilai rata-rata kerapatan papan semen partikel dari serbuk gergaji kayu kempas yang dihasilkan termasuk kedalam kelompok papan semen partikel berkerapatan tinggi (*high density*) yaitu lebih dari 0,9 gr/cm³. Papan semen berkerapatan tinggi dapat digunakan sebagai lantai, dinding pemisah, langit-langit, dan pintu.

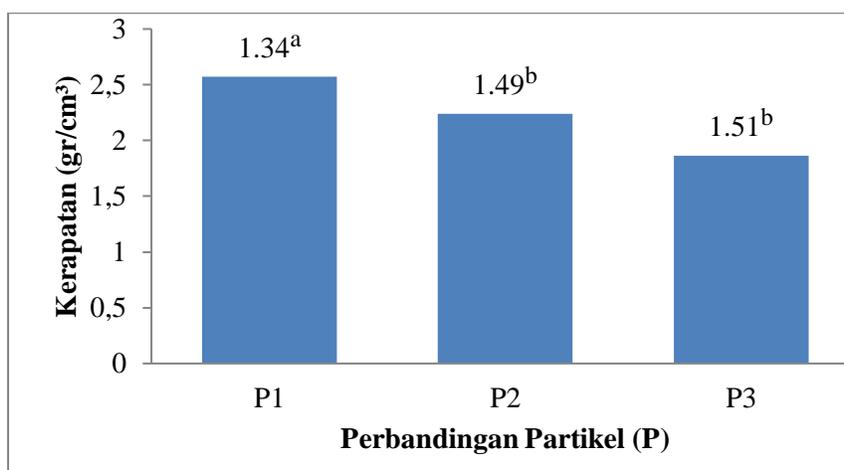
Untuk mengetahui pengaruh perbandingan partikel dan perbedaan tekanan kempa terhadap nilai kerapatan maka dilakukan uji keragaman menggunakan SPSS 16 dengan hasil yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Analisis Keragaman ANOVA Kerapatan Papan Semen Partikel Serbuk Gergaji Kayu Kempas

Table 4 Analysis of Variance (ANOVA) for the Density of Kempas Wood Sawdust Particleboard Cement Panels.

Sumber Keragaman	JK	DB	KT	F-hitung	Sig.
Perbandingan Partikel	0,104	2	0,052	14,532	0,001
Tekanan Kempa	0,009	1	0,009	2,481	0,141
Perbandingan Partikel * Tekanan Kempa	0,003	2	0,002	0,434	0,658
Error	0,043	12	0,004		
Total	37,873	18			
Nilai Total	0,158	17			

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa perbandingan partikel berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas pada taraf signifikansi 0,05 yang ditandai dengan nilai signifikansi 0,001. Sehingga dilakukan uji Lanjut BNJ (Beda Nyata Jujur).



Gambar 1. Pola Kerapatan Papan Semen Partikel
Figure 1 The Density Pattern of Particleboard Cement Panels

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa nilai kerapatan papan semen partikel perlakuan P1 berbeda dengan P2 dan P3. Sementara P2 tidak berbeda dengan P3. Pada Gambar 1 huruf yang berbeda pada perlakuan P1 menunjukkan nilai yang berbeda, sementara huruf yang sama pada perlakuan P2 dan P3 menunjukkan nilai yang sama, berarti nilai tersebut tidak berbeda nyata, karena selisih dari nilai tersebut lebih kecil dari nilai BNJ. Berdasarkan Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak semen yang digunakan maka kerapatan papan semen partikel yang dihasilkan semakin tinggi. Semakin tinggi kerapatan yang dihasilkan maka semakin tinggi kekuatannya. Kerapatan yang tinggi menyebabkan papan semen partikel sulit dipotong (Bowyer *et al.*, 2003).

C. Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal adalah kemampuan papan semen untuk menyerap air yang diukur berdasarkan penambahan tebal sebelum dan sesudah perendaman (Fortuna, 2009). Pengembangan tebal merupakan sifat fisis yang menentukan penggunaan suatu papan semen untuk keperluan eksterior atau interior. Hasil pengujian pengembangan tebal papan semen serbuk gergaji kayu kempas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai Rata-Rata Pengembangan Tebal Papan Semen Partikel Serbuk Gergaji Kayu Kempas

Table 5 Mean Values of Thickness Swelling of Kempas Wood Sawdust Particleboard Cement Panels.

Perbandingan partikel	Tekanan	Pengembangan Tebal (%)
P1	T1	1,712
	T2	3,437
P2	T1	3,003
	T2	1,298
P3	T1	0,872
	T2	0,371
SNI		12

Keterangan: P1=1:3, P2 = 1:4, P3 = 1:5, T1 = Tekanan Kempa 25 kg/m³, T2 = Tekanan Kempa 35 kg/cm³

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata pengembangan tebal dari ketiga perbandingan berkisar antara 0,872-3,437% dengan nilai rata-rata pengembangan tebal tertinggi terdapat pada perbandingan P1 (T2) dan rata-rata nilai pengembangan tebal terendah terdapat pada perbandingan P3 (T1).

Untuk perbandingan P1 nilai pengembangan tebal papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas memiliki kecenderungan nilai yang semakin meningkat sedangkan untuk perbandingan P2 dan P3 nilai pengembangan papan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada perlakuan P1 partikel yang digunakan lebih banyak dibandingkan dengan jumlah semennya. Adapun pada perbandingan P2 dan P3 jumlah partikel yang digunakan lebih sedikit dari jumlah semen yang digunakan. Nilai pengembangan tebal yang paling kecil merupakan pengembangan yang paling baik karena dapat mengantisipasi menyerapnya air kedalam papan partikel melalui pori-pori partikel dan ruang kosong antar partikel secara perlahan (Widiyanto, 2011).

Nilai rata-rata pengembangan tebal papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas menunjukkan bahwa semakin rendahnya perbandingan partikel dan semen yang digunakan maka nilai rata-rata pengembangan tebal papan semen partikel semakin meningkat, sedangkan semakin tinggi perbandingan partikel dan semen yang digunakan maka nilai rata-rata pengembangan tebal papan semen partikel semakin menurun. Hal ini dikarenakan banyaknya rasio semen yang digunakan membuat partikel mampu diikat dengan baik dan membuat struktur papan lebih rapat sehingga sifat fisik papan meningkat. Akibatnya saat dilakukan perendaman, air sulit menembus kedalam pori-pori papan, sehingga menyebabkan nilai pengembangan tebal

menjadi rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Simbolon *et al.* (2015) dan Purwanto (2014) yang menyatakan bahwa semakin banyak komposisi semen yang digunakan maka semakin banyak partikel yang dapat diikat oleh semen tersebut.

Nilai rata-rata pengembangan tebal papan semen serbuk gergaji kayu kempas telah memenuhi standar SNI yang digunakan. Standar SNI untuk pengembangan tebal papan semen yaitu maksimal 12%.

Untuk mengetahui pengaruh perbandingan partikel dan perbedaan tekanan kempa terhadap nilai pengembangan tebal maka dilakukan uji keragaman menggunakan SPSS 16 dengan hasil yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Analisis Keragaman ANOVA Pengembangan Tebal Papan Semen Partikel Serbuk Gergaji Kayu Kempas

Table 6 Analysis of Variance (ANOVA) for Thickness Swelling of Kempas Wood Sawdust Particleboard Cement Panels.

Sumber Keragaman	JK	DB	KT	F-hitung	Sig.
Perbandingan Partikel	2,737	2	1,368	0,206	0,817
Tekanan Kempa	1,154	1	1,154	0,173	0,685
Perbandingan Partikel * Tekanan Kempa	11,044	2	5,522	0,829	0,460
Error	79,897	12	6,658		
Total	175,387	18			
Nilai Total	94,831	17			

Berdasarkan Tabel 6 perbandingan partikel, tekanan kempa, dan interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar air papan semen partikel limbah serbuk gergaji kayu kempas pada taraf signifikansi 0,05, sehingga tidak dilakukan uji lanjut BNJ (Beda Nyata Jujur).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian sifat fisika papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas terhadap beberapa parameter-parameter yang diamati dapat disimpulkan bahwa perbandingan semen dan partikel hanya berpengaruh terhadap kerapatan pada taraf signifikansi sebesar 0,05 tapi tidak berpengaruh terhadap kadar air dan pengembangan tebal papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas. Perbedaan tekanan kempa tidak berpengaruh terhadap seluruh sifat-sifat fisika (kerapatan, kadar air dan pengembangan tebal) papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas. Interaksi perbandingan semen dengan partikel dan perbedaan tekanan kempa tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh sifat-sifat fisika (kerapatan, kadar air dan pengembangan tebal) papan semen partikel serbuk gergaji kayu kempas.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakri, Gunawan, E., & Sanusi, D. 2006. Sifat Fisika Dan Mekanika Komposit Kayu Semen Serbuk Gergaji. *Jurnal Perennial*. 2(1): 38-41.
- Bowyer, J.L., Shmulsky, R., & Haygreen, J.G. 2003 Forest Products and Wood Science. An Introduction. 4th Edision. Iowa State Press. USA.

- Dewi, D.K. 2003. Inovasi dalam Pembuatan Papan Semen Partikel. [Skripsi, *unpublished*]. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Indonesia.
- Fortuna, R. 2009. Kualitas Papan Semen Dari Sekam Padi (*Oryza sativa* Linn). [Skripsi, *unpublished*]. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Indonesia.
- Purwanto, D. 2014. Sifat Fisik Mekanik Papan Semen dari Limbah Kulit Kayu Galam. *Jurna Riset Industri*. 8(3): 197-204.
- Putra, I.K.A.A.A., Dirmansyah, M., & Tavita, G.E. 2017. Mechanical and Physical Properties of Cement Particle Board Made from Trunk of Pandan Mengkuang. *Jurnal Hutan Lestari*. 5(4): 908-915.
- Sembiring, D.N., Hakim, L., & Sucipto, T. 2015. Kualitas Papan Semen dari Partikel Serutan Pensil dengan Berbagai Rasio Semen dan Partikel. *Peronema Forestry Science Journal*. 4(2): 175-185.
- Simbolon, I.L., Sucipto, T., & Hartono, R. 2015. Pengaruh Ukuran Partikel dan Komposisi Semen Partikel terhadap Kualitas Papan Semen dari Cangkang Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild). *Peronema Forestry Science Journal*. 4(1): 41-48.
- Standar Nasional Indonesia. 2006. SNI Mutu Papan Partikel SNI 03-2105-2006. Dewan Standardisasi Nasional-DSN
- Sulastiningsih, I.M., Nurwati, Murdjoko, S., & Kawai, S. 2000. The Effect of Bamboo: Cement Ratio and Magnesium Chloride ($MgCl_2$) Content on the Properties of Bamboo-Cement Boards. Proceeding of Workshop Wood Cement Composites in the Asia-Pasific Region. Australia. 107: 66-71.
- Lubis, Y.S. 2015. Sifat Fisis dan Mekanis Papan Semen dari Limbah Industri Pensil dengan Berbagai Rasio Bahan Baku dan Target Kerapatan. [Skripsi, *unpublished*]. Program Studi Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan. Indonesia.
- Wahyuningsih, N. S. 2011. Pengaruh Perendaman dan Geometri Partikel terhadap Kualitas Papan Partikel Sekam Padi. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Widianto, H. 2006. Kualitas Papan Komposit dari Limbah Kayu dan Anyaman Bambu Betung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f.) Backer ex Heyne). [Skripsi, *unpublished*]. Departemen Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Indonesia.
- Widiyanto, A. 2011. Kualitas Papan Partikel (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) dan Bambu Tali (*Gigantochloa apuz* Kurz) dengan Perekat Likuida Kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 29(4): 301-311.
- Wuri, A. 2012. Sifat Fisika Dan Mekanika Papan Semen Partikel Dari Limbah Sekam Dan Jerami Padi. [Skripsi, *unpublished*]. Program Studi Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Mataram. Mataram. Indonesia.