



Sifat Fisika dan Mekanika Papan Semen Partikel dari Limbah Kertas HVS

Erwin Juliadi^{1,*}, Dr. Hairil Anwar, S.Hut., M.Si^{1,a}, Kornelia Webliana S.Hut., M.Sc.^{1,b}

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62 Gomong, Kec. Selaparang, Kota Mataram, 83127, (0370) 7505654

^aemail penulis kedua: hairil@unram.ac.id, ^bemail penulis ketiga:

kornelia.webliana@unram.ac.id, *corresponding author: nxuwen097@gmail.com

Diterima: 2 April 2023; Disetujui: 4 Novebember 2023; Diterbitkan: 4 Novebember 2023

Abstract

Physical and Mechanical Properties of Particle Cement Board from HVS Paper Waste.

Garbage accumulation is a problem even though it can be recycled but its utilization is still not optimal. It can be seen in the utilization of recycled paper waste which is still not optimal. One alternative effort to utilize this waste is to use it as a material for making particle boards. It can be seen that the lignocellulosic content in HVS paper is 90%, so it is very good in helping the process of gluing raw materials into particle boards. The purpose of this study was to determine the effect of cement as an adhesive and paper fiber in the manufacture of particle boards and to determine the physical and mechanical properties of particle boards. This study used an experimental method made with a Completely Randomized Design (CRD). Preparation of test samples and tests is carried out in accordance with SNI 03-2105-2006. The ratio of fiber and cement composition to the particle board test samples used was 1:3, 1:4, and 1:5. It can be seen that the values for density, moisture content, thickness expansion and MoR comply with SNI 03-2105-2006 standards, while the MoE values do not meet the standards. The results of this study indicate that the effect of the interaction treatment of the ratio of cement to paper fiber and compression pressure has no significant effect on the value of the physical and mechanical properties of particle cement board from HVS paper waste.

Key Words : HVS Waste, Cement, Particle Board.

Intisari

Penumpukan sampah menjadi permasalahan walaupun bisa didaur ulang namun pemanfaatannya masih belum optimal. Bisa dilihat pada pemanfaatan limbah kertas yang didaur ulang dimana masih belum optimal. Salah satu upaya alternatif dalam memanfaatkan limbah tersebut yaitu dengan memanfaatkannya sebagai bahan pembuatan papan partikel. Dapat diketahui kandungan lignoselulosa pada kertas HVS sebesar 90% sehingga sangat bagus dalam membantu proses perekatan bahan baku menjadi papan partikel. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh antara semen sebagai perekat dengan serat kertas dalam pembuatan papan partikel serta mengetahui sifat fisika dan mekanika papan partikel. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dibuat dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pembuatan contoh uji dan pengujian dilakukan mengikuti SNI 03-2105-2006. Perbandingan komposisi semen dan serat pada contoh uji papan partikel yang digunakan berupa 1:3, 1:4, dan 1:5. Dapat diketahui bahwa nilai kerapatan, kadar air, pengembangan tebal dan MoR telah

memenuhi standar SNI 03-2105-2006, sedangkan pada nilai *MoE* tidak memenuhi standar. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh interaksi perlakuan perbandingan semen dengan serat kertas dan tekanan kempa tidak berpengaruh nyata terhadap nilai sifat fisika dan mekanika papan semen partikel dari limbah kertas HVS.

Kata Kunci : Limbah HVS, Semen, Papan Partikel.

1. Pendahuluan/Introduction

Kertas merupakan salah satu kebutuhan pokok umat manusia dan merupakan salah satu bahan baku penting yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan, baik untuk keperluan cetak, tulis atau lukis dan lain-lain. Menurut KemenLHK (2021), dalam Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) yang merupakan sistem untuk mengelola data tentang pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga seluruh kabupaten/kota di Indonesia, komposisi sampah data tahun 2020 mencakup sekitar 11,99% sampah kertas/karton, 16,99% plastik, 3,32% logam, 2,69% kain, 1,98% karet/kulit, 2,28% kaca, 14,05% ranting/kayu, 39,67% sisa makanan, dan 7,03% sampah lainnya.

Salah satu usaha untuk mengurangi sampah tersebut dapat dilakukan dengan cara didaur ulang, khususnya sampah dari kertas. Hal ini sesuai dengan pernyataan Peltola (2004), penumpukan sampah berupa kertas dapat didaur ulang, tapi pemanfaatannya masih belum optimal.

Namun demikian, tidak semua jenis sampah kertas dapat didaur ulang. Dari karakteristik jenis-jenis kertas memiliki masing-masing kemampuannya tersendiri untuk didaur ulang sehingga produknya juga berbeda-beda. Dari jenis-jenis sampah kertas yang ada, kertas HVS merupakan salah satu sampah kertas yang dapat didaur ulang. Sebagaimana disebutkan Peltola (2004) diatas, bahwa pemanfaatan limbah kertas untuk didaur ulang belum optimal, maka salah satu alternatif untuk memanfaatkan sampah kertas HVS adalah dengan memanfaatkannya sebagai bahan pembuatan papan komposit.

Menurut Pease (1994), papan komposit merupakan suatu produk panel yang dibuat dari partikel atau bahan berlignoselulosa lainnya menggunakan proses pengempaan pada tekanan dan temperatur tertentu. Perkembangan industri papan semen saat ini membutuhkan papan yang kuat secara fisik dan mekanis. Peningkatan kadar semen akan meningkatkan nilai mekanik papan. Adanya ikatan adhesi antar semen sehingga partikel menjadi kuat. Papan semen memiliki faktor yang dapat mempengaruhi kualitas yaitu pemanfaatan ukuran partikel. Untuk meningkatkan kualitas papan, perlu untuk memilih ukuran yang dihasilkan.

Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui perbandingan kualitas papan semen partikel dengan bahan perekat yang berbeda dan parameter yang berbeda dengan penelitian terdahulu serta memberikan informasi tambahan terkait dengan papan partikel dari limbah kertas.

2. Metode Penelitian/Materials and Methods

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen. Penelitian eksperimen adalah suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kasual) antara dua faktor yang sengaja yang ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi atau mengurangi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang mengganggu. Ekperimen selalu dilakukan dengan maksud untuk melihat akibat suatu perlakuan (Arikunto, 2010).

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan percobaan, pengambilan data dan analisis pada penelitian ini akan dilaksanakan Bulan Desember – Maret 2021. Pembuatan papan semen partikel dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Mataram. Untuk pengujian Sifat Fisika

dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Untuk pengujian Sifat Mekanika dilakukan di Labolatorium Fisika Fakultas MIFA Universitas Mataram.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cetakan, *circular saw*, gelas ukur, mesin gerinda, lembaran plastik, kamera, alat ukur kaliper, mesin *coldpress*, meteran, oven, penggaris, timbangan elektrik, dan wadah. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu limbah kertas HVS.

2.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non factorial. Faktor perbandingan semen dan serat terdiri dari 3 aras, yaitu:

1. Perbandingan semen dan serat 1:3 (S1)
2. Perbandingan semen dan serat 1:4 (S2)
3. Perbandingan semen dan serat 1:5 (S3)

Dari masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 9 kombinasi contoh uji. Tabel rancangan penelitian dapat di lihat dibawah ini.

Tabel 1. Rancangan Penelitian
(Table 1. Research Design)

| Tekanan | Perbandingan | ULANGAN | | |
|---------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | U ₁ | U ₂ | U ₃ |
| T | S ₁ | TS ₁ U ₁ | TS ₁ U ₂ | TS ₁ U ₃ |
| | S ₂ | TS ₂ U ₁ | TS ₂ U ₂ | TS ₂ U ₃ |
| | S ₃ | TS ₃ U ₁ | TS ₃ U ₂ | TS ₃ U ₃ |

2.4 Prosedur Penelitian

a. Tahap Persiapan

Dalam penelitian ini sebelum melakukan penelitian hal pertama yang dipersiapkan adalah alat dan bahan untuk pembuatan papan semen partikel.

b. Tahap Pengeringan

Dalam melakukan pembuatan sampel hal yang pertama dilakukan adalah mempersiapkan bahan baku yang sudah dijemur atau dikeringkan. Bahan baku yang digunakan yaitu limbah kertas HVS.

c. Tahap Pembuatan Serbuk

Bahan baku yang sudah kering selanjutnya akan dihancurkan dengan alat penghancur dan hasilnya akan diayak dengan ayakan ukuran 60 mesh.

d. Tahap Pencampuran

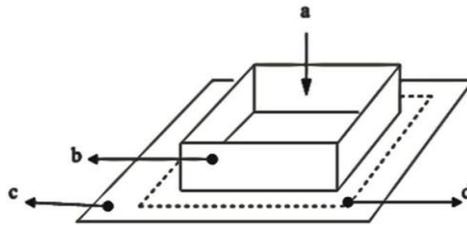
Sebelum dilalukan pencampuran bahan limbah kertas HVS ditimbang terlebih dahulu sehigga diperoleh perhitungan perbandigan komposisi antara partikel dan semen yang diinginkan. Setelah semua bahan ditimbang berdasarkan perbandingan yang digunakan, kemudian semua bahan dicampurkan. Selanjutnya diaduk sampai homogen. Perhitungan jumlah partikel dan semen adalah sebagai berikut:

Kerapatan yang diinginkan = 1 gr/cm³. Ukuran mat papan semen partikel adalah 30 x 30 x 2 cm = 1800 cm³, jumlah bahan baku yang dibutuhkan = 1800 cm³ x 1 gr/cm³ = 1800 gr dari berat papan semen partikel.

Perbandingan jumlah partikel semen dan serat (1 : 3 = 450 : 1350 gram), (1 : 4 = 360 : 1440 gram), (1 : 5 = 300 : 1500 gram).

e. Tahap Pembuatan Mat/Lembaran Papan Semen Partikel

Pembuatan mat/lembaran papan semen partikel dari limbah kertas HVS dilakukan diatas plastik dan plat besi dengan cetakan berukuran 30 x 30 x 2 cm (Gambar 1), kemudian pada plat besi akan dikempa dengan tekanan sampai ketebalan 2 cm. Pembuatan lembaran dimulai dengan pencampuran bahan baku serat/limbah kertas HVS, semen, dan air.



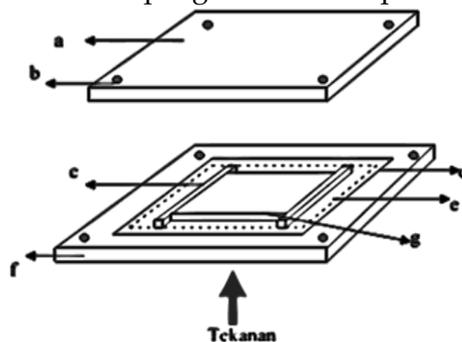
Gambar 1. Pembuatan Lembaran Papan Semen Menggunakan Cetakan
(Figure 1. Making Cement Board Sheets Using Molds)

Keterangan:

- a) Adonan
- b) Cetakan berukuran 30 x 30 x 2 cm
- c) Plastik transparan
- d) Seng

f. Tahap Penekanan Mat/Lembaran Papan Semen

Campuran bahan-bahan yang telah homogen kemudian disebar merata didalam cetakan lalu ditutupi dengan lembaran plastik dan pelat besi diatasnya, lalu kemudian dilakukan pengepresan dengan menggunakan dongkrak/kempa dan diberi tekanan 500psi selama 15 menit. Setelah itu mat papan semen partikel dikeluarkan dari mesin kempa dingin dan disimpan dalam ruangan selama 7–14 hari untuk pengondisian sampai kadar air konstan.



Gambar 2. Pengempaan Lapik dan Sistem Klem
(Figure 2. Sheet Forging and Clamping System)

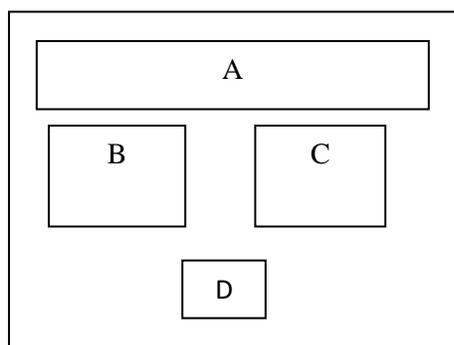
Keterangan:

- a) Plat besi bagian atas
- b) Lubang sekrup
- c) Ganjal

- d) Platseng
- e) Plastik
- f) Plat besi bawah
- g) Lapik

g. Pemotongan Mat/Lembaran Papan Semen

Setelah selesai pengondisian papan semen yang telah kering udara dipotong-potong menjadi bagian-bagian dengan bentuk dan ukuran pola yang digunakan seperti pada Gambar 3. Pembuatan contoh uji papan semen partikel mengikuti standar SNI 03-2105-2006. Untuk pengujian mekanika menggunakan ukuran 20 × 5 × 2 cm, untuk pengujian kadar air menggunakan ukuran 10 × 10 × 2 cm, uji kerapatan menggunakan ukuran 10 × 10 × 2 cm, dan untuk pengujian pengembangan tebal menggunakan ukuran 5 × 5 × 2 cm.



Gambar 3. Pembuatan Contoh Uji Papan Semen Partikel (SNI 03-2105-2006)
(Figure 3. Preparation of Particle Cement Board Test Samples (SNI 03-2105-2006))

2.5 Pengujian

a. Kadar Air

Contoh uji yang dibuat berukuran 10 × 10 cm dalam keadaan kering udara dan ditimbang untuk mendapatkan Berat Awal (BA), kemudian dioven dengan suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 24 jam sampai berat konstan. Nilai kadar air papan semen partikel dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{BA - BKT}{BKT} \times 100$$

Keterangan:

BA = Berat Awal (gram)

BKT = Berat Kering Tanur (gram)

b. Kerapatan

Pengujian kerapatan ini dilakukan untuk menilai hubungan antara berat dengan isi papan partikel serta panjang, lebar, dan tebal. Ukuran benda uji yang dibuat yaitu sebesar 10 × 10 × 2 cm. Besarnya kerapatan dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kerapatan} = \frac{M}{V}$$

Keterangan:

P = Kerapatan (g/cm^3)

M = Berat kering udara contoh uji (g)

V = Volume kering udara contoh uji (mm^3)

c. Pengembangan Tebal

Pengujian ini dilakukan untuk menilai penambahan tebal papan partikel akibat perendaman dalam air. Dimensi lebar diukur pada kedua sisinya kemudian dirata-ratakan (D_0), sedangkan tebal diukur pada pusat contoh uji. Contoh uji kemudian direndam dalam air dingin selama 2 jam dan 24 jam. Kemudian diukur kembali dimensinya (D_1). Ukuran benda uji yang dibuat yaitu sebesar 5 x 5 cm. Besarnya pengembangan tebal setelah direndam air dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Pengembangan tebal (\%)} = \frac{D_1 - D_0}{D_0} \times 100$$

Keterangan:

D_0 = Dimensi awal (cm)

D_1 = Dimensi setelah perendaman (cm)

d. Modulus of Rupture (MoR)

Pengujian modulus patah dilakukan bersamaan dengan pengujian modulus lentur dengan memakai sampel yang sama namun pada pengujian ini pembebanan dilakukan sampai contoh uji tersebut patah, besarnya nilai MoR dihitung dengan persamaan.

$$MoR = \frac{3BS}{2LT^2}$$

Keterangan:

MoR = Modulus of Rupture (kgf/cm²)

B = Besar beban maksimum (kgf)

S = Jarak sangga (cm)

L = Lebar contoh uji papan serat (cm)

T = Tebal contoh uji papan serat (cm)

e. Modulus of Elasticity (MoE)

Sampel berukuran 5 x 20 x 2 cm pada kondisi kering udara diukur dimensi lebar dan tebal. Kemudian contoh uji dibentangkan pada mesin TENSILON dengan jarak sangga 15 cm (L). Selanjutnya beban diberikan ditengah-tengah jarak sangga. Pembebanan dilakukan sampai batas elastis sampel.

$$MoE = \frac{S^3 \Delta B}{4LT^3 \Delta D}$$

Keterangan :

MoE = Modulus of Elasticity (kgf/cm)

S = Jarak Sangga (cm)

B = Beban maksimum (kg)

L = Lebar contoh uji papan serat (cm)

T = Tebal contoh uji papan serat (cm)

ΔB = Selisih beban yang diambil (kgf)

ΔD = Defleksi yang terjadi pada selisih beban (cm)

2.6 Analisis Data

Analisis keragaman terhadap data yang didapatkan bertujuan untuk mencari tahu nilai yang dihasilkan berbeda nyata atau tidak pada taraf uji 5% dengan menggunakan Microsoft Excel dan program SPSS 24.

3. Hasil dan Pembahasan/Results and Discussion

3.1 Kadar Air

Pengujian kadar air papan semen partikel bertujuan untuk mengetahui jumlah kandungan air papan semen partikel dalam keadaan kesetimbangan dengan lingkungan sekitarnya (Hendrik, 2005). Nilai kadar air papan semen partikel dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah tekanan dan waktu pengempaan, apabila semakin tinggi tekanan kempa dan waktu pengempaan maka kadar air papan partikel yang dihasilkan akan semakin menurun atau lebih rendah. Hasil pengujian kadar air papan semen partikel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kadar Air Papan Semen Partikel
(Table 2. Data on Particle Cement Board Moisture Content Test Results)

| Perlakuan | Ulangan | | | Rata-Rata (%) |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| S1 | 12,73 | 13,47 | 14,03 | 13,41 |
| S2 | 12,87 | 12,43 | 12,03 | 12,44 |
| S3 | 12,03 | 13,80 | 13,82 | 13,22 |
| Rata-rata (%) | 12,544 | 13,243 | 13,293 | 13,02 |

SNI 03-2105-2006 < 14%

Berdasarkan Tabel 2 nilai rata-rata kadar air papan semen partikel dari limbah kerta HVS berkisar antara 12,444–13,411%. Nilai kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan TS1 yaitu 13,411% dan nilai kadar air terendah diperoleh pada perlakuan TS2 yaitu 12,444%. Nilai rata-rata kadar air papan semen partikel pada penelitian ini adalah 13,027%, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wulandari (2012) yang mengatakan bahwa semakin tinggi kadar perekat yang digunakan maka semakin tinggi pula kekompakan suatu papan partikel melakukan pengikatan antar partikelnya dan semakin rendah kadar air maka semakin banyak perekat yang dapat masuk kedalam pori-pori partikel. Berdasarkan SNI 03-2105-2006 standar kadar air papan partikel tidak lebih dari 14% sehingga penelitian ini menunjukkan bahwa kadar air papan semen partikel dari limbah kertas HVS telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006.

Kadar air dipengaruhi oleh daya serap pada suatu ukuran bahan. Menurut Sibarani (2011), menyatakan bahwa semakin besar ukuran diameter dan panjang serat partikel yang digunakan maka nilai daya serap airnya semakin meningkat..

3.2 Kerapatan

Kerapatan merupakan faktor penting yang banyak digunakan sebagai pedoman untuk memperoleh gambaran tentang kekuatan dari papan semen yang diinginkan (Fortuna, 2009). Kerapatan adalah suatu nilai yang menunjukkan perbandingan antara berat massa papan semen partikel dengan volume papan yang dihasilkan. Pengukuran kerapatan papan semen partikel bertujuan untuk mengetahui nilai kerapatan dari suatu papan, semakin tinggi nilai kerapatan yang dihasilkan maka semakin tinggi pula kekuatan dari papan partikel tersebut (Wulandari, 2012). Hasil pengujian papan semen partikel dari limbah kertas HVS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Kerapatan Papan Semen Partikel
(Table 3. Data on Particle Cement Board Density Test Results)

| Campuran Bahan | Ulangan | | | Rata-Rata (gram/cm ³) |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| S1 | 1,24 | 1,32 | 1,14 | 1,23 |
| S2 | 1,06 | 1,19 | 1,30 | 1,19 |
| S3 | 1,23 | 1,30 | 1,33 | 1,29 |
| Rata-rata (%) | 1,18 | 1,27 | 1,26 | 1,24 |

SNI 03-2105-2006 (0,5–0,9 gram/cm³)

Berdasarkan Tabel 3 nilai rata-rata kerapatan dari 3 (tiga) perlakuan berkisar antara 1,185–1,293 gr/cm³. Nilai kerapatan tertinggi terdapat pada perlakuan TS3 dengan nilai sebesar 1,293 gr/cm³ dan nilai kerapatan terendah terdapat pada perlakuan TS2 dengan nilai sebesar 1,185 gr/cm³. Nilai rata-rata kerapatan papan semen partikel dari limbah kertas HVS adalah 1,237 gr/cm³. Jika dibandingkan dengan SNI 03-2105-2006 bahwa nilai kerapatan standar papan semen partikel berkisar antar 0,5–0,9 sehingga dapat diketahui dari penelitian yang dilakukan semua perlakuan tidak memenuhi standar. Tingginya nilai kerapatan papan semen partikel dari limbah kertas HVS pada perlakuan TS3 disebabkan karena jumlah bahan perekat (semen) yang digunakan lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya serta tekanan kempa yang lebih tinggi.

Berdasarkan nilai kerapatan yang diperoleh dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar semen yang digunakan maka nilai kerapatan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian Paulus (2000) yang menyatakan bahwa berat papan semen semakin meningkat dengan semakin banyaknya semen yang digunakan sehingga kerapatan papan semen yang dihasilkan akan semakin meningkat. Pernyataan ini juga dibuktikan oleh Fortuna (2009) yang menyatakan semakin tinggi kadar semen yang digunakan akan menyebabkan ikatan antara partikel dengan semen dalam papan akan semakin erat, keadaan ini akan mengakibatkan kerapatan papan semen yang dihasilkan akan semakin tinggi. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka nilai kerapatan papan semen partikel dari limbah kertas HVS melebihi SNI 03-2105-2006 yaitu sebesar 0,4–0,9 gr/cm³, sehingga papan semen partikel dari limbah kertas HVS termasuk kedalam papan partikel yang berkerapatan tinggi. Berdasarkan kerapatannya papan partikel terbagi dalam 3 (tiga) jenis yaitu papan partikel berkerapatan rendah, papan partikel berkerapatan sedang, dan papan partikel berkerapatan tinggi, untuk nilai yang berkerapatan rendah yaitu 0,24–0,40 gr/cm³, untuk nilai yang berkerapatan sedang yaitu 0,40–0,80 gr/cm³, dan untuk nilai yang berkerapatan tinggi yaitu 0,80–1,20 gr/cm³.

3.3 Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal adalah hasil kemampuan semen untuk menyerap air yang diukur berdasarkan penambahan tebal sebelum dan sesudah perendaman. Pengembangan tebal papan semen partikel dapat diukur setelah direndam selama 24 jam. Berdasarkan hasil pengujian nilai rata-rata pengembangan tebal dari kondisi kering udara sampai dengan perendaman papan semen selama 24 jam dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Pengujian Pengembangan Tebal Papan Semen Partikel
(Table 4. Particle Cement Board Thickness Development Test Data)

| Campuran Bahan | Ulangan | | | Rata-Rata (%) |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| S1 | 0,52 | 0,11 | 0,31 | 0,31 |
| S2 | 0,52 | 0,34 | 0,41 | 0,42 |
| S3 | 0,26 | 0,30 | 0,59 | 0,38 |
| Rata-rata (%) | 0,43 | 0,25 | 0,44 | 0,37 |

SNI 03-2105-2006 (Maks. 12%)

Berdasarkan Tabel 4 nilai rata-rata pengembangan tebal berkisar antara 0,314 – 0,422% dengan nilai pengembangan tebal terendah terdapat pada perlakuan TS1 sebesar 0,314% dan nilai pengembangan tebal tertinggi terdapat pada perlakuan TS2 sebesar 0,422%. Nilai rata-rata pengembangan tebal papan semen partikel dari limbah kertas HVS adalah 0,373%. Menurut Kumoro (2007), menyatakan bahwa jika lapisan perekat semen yang digunakan semakin tebal maka akan membentuk daya adhesi antara semen dengan partikel semakin kuat, hal ini menyebabkan air sulit menembus lapisan semen yang tebal dan struktur papan partikel yang rapat. Jika ukuran partikel yang digunakan semakin besar maka akan menyebabkan nilai kerapatan papan semen partikel dengan nilai pengembangan tebal yang rendah cocok digunakan bahan eksterior, sedangkan papan semen partikel dengan pengembangan tebal yang tinggi dapat digunakan sebagai bahan interior karena papan tidak berhubungan langsung dengan lingkungan luar. Berdasarkan nilai pengembangan tebal yang diperoleh pada penelitian ini, maka telah memenuhi SNI 03-2105-2006 karena nilai yang dihasilkan lebih rendah (<12%).

Menurut Desi dkk. (2015), menjelaskan bahwa jumlah air yang digunakan untuk sejumlah semen menentukan kualitas adukan campuran yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan ikatan antara semen dan partikel menjadi kurang kompak sehingga nilai kerapatan papan semen yang dihasilkan cenderung rendah. Selain itu, banyaknya jumlah partikel tidak dapat ditutupi dan diikat secara sempurna oleh kadar semen yang sangat rendah. Hal ini mengakibatkan kepadatan papan semen partikel menjadi lebih berkurang dan penyerapan air menjadi lebih tinggi.

3.4 Modulus of Elasticity (MoE)

Pengujian *MoE* dilakukan dengan memberikan beban pada sampel papan semen partikel sampai batas proporsi. Nilai *MoE* yang dihasilkan dari papan semen partikel dari limbah kertas HVS berkisar antara 5860,593 kgf/cm² hingga 9585,767 kgf/cm² dengan nilai rata-rata 7827,793 kgf/cm² (Tabel 5).

Tabel 5. Data Pengujian Modulus of Elasticity (MoE) Papan Semen Partikel
(Table 5. Data on Particle Cement Board Modulus of Elasticity (MoE) Tests)

| Campuran Bahan | Ulangan | | | Rata-Rata (kgf/cm ²) |
|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| S1 | 8296,62 | 9466,13 | 10994,54 | 9585,8 |
| S2 | 7819,98 | 4600,94 | 5160,85 | 5860,6 |
| S3 | 6431,65 | 7441,16 | 10238,25 | 8037,0 |
| Rata-Rata (kgf/cm²) | 7516,09 | 7169,41 | 8797,88 | 7827,8 |

SNI 03-2105-2006 (Min. 15000 kgf/cm²)

Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 nilai *MoE* minimum 15000 kgf/cm². Nilai *MoE* pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Natalia (2010) yang menunjukkan rata-rata nilai *MoE* papan semen partikel sebesar 24,416 kgf/cm². Dapat dilihat pada Tabel 5

menunjukkan bahwa perlakuan TS1 memiliki nilai *MoE* lebih tinggi dibandingkan perlakuan TS2 dan TS3.

Berdasarkan penelitian Desi dkk. (2015), menyatakan rendahnya nilai *MoE* yang dihasilkan diduga karena banyaknya rongga yang tercipta ditandai dengan tingginya KA yang dihasilkan yaitu 13,411%. Rongga tersebut menyebabkan kekuatan papan semen yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan sehingga nilai *MoE* yang dihasilkan menjadi sangat rendah.

3.5 *Modulus of Rupture (MoR)*

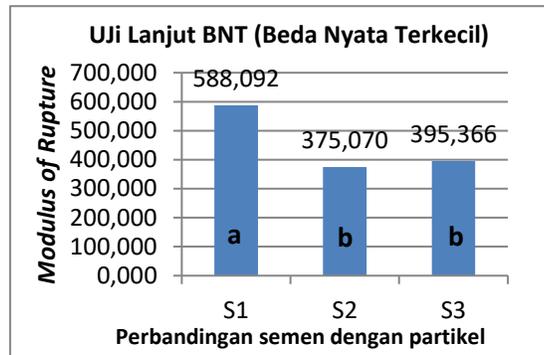
Modulus of Rupture merupakan kemampuan papan untuk menahan berat maksimum. Pengujian *MoR* dilakukan untuk mengetahui kemampuan papan semen partikel dalam menahan beban yang ditekan sampai mengalami perubahan bentuk atau tidak dapat kembali pada bentuk semula (patah). Nilai *MoR* dihitung dari beban maksimum atau beban pada saat patah dengan menggunakan cara pengujian yang sama untuk menentukan *MoE*.

Tabel 6. Data Pengujian *Modulus of Rupture (MoR)* Papan Semen Partikel
(Table 6. *Modulus of Rupture (MoR) Test Data for Particle Cement Board*)

| Campuran Bahan | Ulangan | | | Rata-Rata (kgf/cm ²) |
|---|---------------|---------------|---------------|-------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| S1 | 585,26 | 596,42 | 586,72 | 589,47 |
| S2 | 367,95 | 383,14 | 374,83 | 375,31 |
| S3 | 391,21 | 405,42 | 393,89 | 396,84 |
| Rata-Rata (kgf/cm²) | 448,14 | 461,65 | 451,81 | 453,87 |

SNI 03-2105-2006 (Min. 80 kgf/cm²)

Berdasarkan Tabel 6 terlihat nilai *MoR* maksimum yang dicapai yaitu sebesar 589,465 kgf/cm² pada TS1 dan nilai *MoR* minimum yang dicapai yaitu sebesar 375,307 kgf/cm² pada perlakuan TS2 dan nilai dengan rata-rata 453,871 kgf/cm². Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006, nilai *MoR* papan semen partikel tidak memenuhi standar yang mensyaratkan nilai *MoR* minimum 80 kgf/cm².



Gambar 4. Hasil Uji Lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil)
(Figure 4. LSD (Least Significance Different) Advanced Test Results)

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dan perbandingan terhadap nilai *MoR* papan semen partikel maka dilakukan uji analisis keragaman. Hasil uji analisis keragaman bahwa perbandingan semen dengan partikel perlakuan S1 dengan S2 berbeda sedangkan S2 dan S3 sama. Menurut Natalia (2010), mengemukakan bahwa mekanisme penguatan yang dilakukan secara acak spesimen sebelum terjadi patahan pada saat dilakukan uji banding cenderung estafet atau saling bergantian. Apabila sampel uji sudah mencapai panjang sesuai standar selanjutnya akan ditahan oleh penyangga, sehingga penampang patah papan serat tidak halus atau rata dan cenderung berbentuk zigzag. Menurut penelitian Kumoro (2007), menambahkan bahwa zat ekstraktif yang merupakan zat yang mengganggu proses perekatan semen dan partikel sehingga tercipta ikatan kekuatan yang kurang kompak untuk menahan beban sampai batas proporsi. Selain itu sependapat dengan penelitian Callister (2007) yang menyatakan bahwa panjang dan pendek serat dipengaruhi oleh kekuatan dan diameter serat dengan perekat.

4. Kesimpulan/Conclusion

Bedasarkan hasil penelitian sifat fisika dan sifat mekanika papan semen partikel dari limbah kertas HVS dengan parameter-parameter yang diamati dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam penelitian ini komposisi antara serat kertas dengan semen memiliki nilai sifat fisis dan mekanik yang berbeda-beda. Diketahui komposisi pada hasil pengujian sifat fisis dan mekanika memiliki rata-rata kadar air sebesar 13,027%, kerapatan sebesar 1,237 gram/cm³, pengembangan tebal sebesar 0,373%, *Modulus Of Elasticity (MoE)* sebesar 7827,793 kgf/cm², dan *Modulus Of Rupture (MoR)* sebesar 453,871 kgf/cm². Selain itu, dapat diketahui pada perlakuan pertama, kedua, dan ketiga tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh nilai sifat fisika papan semen partikel dari limbah kertas HVS.

Ucapan Terima Kasih/Acknowledgements

Pada penelitian ini kami ucapkan terima kasih terlebih kepada dosen pembimbing telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, kemudian ucapan terima kasih kepada Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, dan Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Mataram yang telah memfasilitasi dalam penyediaan alat.

Daftar Pustaka/References

- BPS NTB. 2019. Angka Ramalan II Tahun 2019 Jumlah Keseluruhan Sampah NTB per Hari. Di akses pada hari minggu, 7 agustus 2022 pukul 13.44 WITA.
- Callister, W.D., 2007. Materials Science And Engineering. Jhon Willey & Sons Incorporation., New York
- Desi Natarina S., Luthfi Hakim, Tito Sucipto. 2015. Kualitas Papan Semen dari Partikel Serutan Pensil dengan Berbagai Rasio Semen dan Partikel. Universitas Sumatera Utara.

- Dewi, D.K. 2003. Inovasi Dalam Pembuatan Papan Semen Partikel. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Dinas Lingkungan Hidup Provinsi NTB. 2019. Laporan Timbulan Sampah TPA di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Mataram
- Fortuna, R. 2009. Kualitas Papan Semen Dari Sekam Padi (*Oryza sativa* L.). Skripsi. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hakim, L. dan T. Sucipto. 2012. Pengaruh Rasio Semen/Serat Dan Jenis Katalis Terhadap Kekuatan Fiber-Cement Board Dari Limbah Kertas Kardus. *Indonesian Journal Of Forestry Research*, 1(2): 70-78.
- Hasan M., Rahmadi A., Arryati H. 2021. Sifat Fisis Dan Mekanis Papan Komposit Dari Serta Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq) Dengan Berbagai Komposisi Perekat PVAC. *Jurnal Sylva Scientaeas*, 4(1).
- Hendrik. 2005. Pembuatan Papan Semen Gypsum Dari Kayu Acacia Mangiumwilld. Skripsi. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Heckhel, 2007. Kualitas Papan Semen Dari Kayu Acacia Mangium Wild. Dengan Subtitusi Fly Ash. Skripsi. Depertemn Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Haygreen and Bowyer. 1989. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu : Suatu Pengantar. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Irawan, Bambang, 2006, "Handout penjelasan tentang mekanisme produksi kertas", Gresik : PT. Adiprima Suraprinta
- John G.H., Jim L.B. 2015. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu.. Gadjah Mada University Press.Yogyakarta. Hal 596.
- Japanese Standards Association. 2003. Particle boards. Japanese Industrial Standard (JIS) A-5908. Japan.
- Kamil, N. 1970. Prospek pendirian industri papan wol kayu di Indonesia. Pengumuman No.95. Lembaga-lembaga penelitian. Kehutanan. Bogor.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KemenLHK). 2021. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional: Grafik Komposisi Sampah tahun 2020. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3. Direktorat Pengelolaan Sampah. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. Di akses pada tanggal 6 Juli 2021.
- Kumoro, C. 2007. Pengaruh Suhu Perendaman dan Jumlah Perekat Semen terhadap Sifat Papan Semen Partikel Serutan Bambu Petung (*Dendrocalamus* sp). Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Natalia M. 2010. Pengaruh Faktor Jenis Kertas Kerapatan Dan Persentase Perekat Terhadap Kekuatan Bending Komposit Panel Serat Bunyi Berbahan Dasar Limbah Kertas Dan Serabut Kelapa. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Pease, D.A., 1994. Panels Product Aplications and Production Trends, USA, Miler Freeman
- Paulus. 2000. Pengaruh Rasio Bahan Partikel Kayu Karet (*Hevea brasiliensis* Muel Arg) Dengan Ijuk Aren (*Arenga pinata*) dan Campuran Perekat Semen Terhadap Sifat Fisik dan Mekanis Papan Semen Partikel. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Tanjung pura. Pontianak.
- Peltola, P. 2004. Alternative Fibre Sources: Papr And Wood Fibres As Reinforcement. Tampere University of Technology. Finlandia.
- Purwanto, Djoko. 2013. Sifat Fisik dan Mekanik Papan Semen dari Limbah Kayu Galam. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 5 (2): 21-30.

- Purwanto D. 2016. Sifat Fisis Mekanis Papan Partikel dari Limbah Campuran Serutan Rotan Dan Serbuk Kayu. *Jurnal Riset Industri*, 10 (3) : 125-133
- Saputra A M. 2014. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Papan Semen Partikel Pelepah Aren (Arengapinata). Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Semarang.
- Saraswaty, D., Dirhamsyah, M., Indrayani, Y. 2018. Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Semen Partikel Dari Limbah Finir Berdasarkan Komposisi Bahan Dan Ukuran Partikel. *Jurnal Hutan Lestari*, Vol. 6 (4) : 782-793.
- Sarito, Alfian Amin Saputra, Riolan Sagala, Intan Nawastriani dan Putri Maisytoh, 2017. Limbah Koran Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Papan Plafon. Jurusan Teknik Sipil PNJ, Politeknik Negeri Jakarta, Politeknologi vol. 16 - 1.
- Sibarani, I.P. 2011. Karakteristik Papan Semen dari Tiga Jenis Bambu dengan Penambahan Katalis Magnesium Klorida (MgCL₂)
- Sri Wahyono. 2001. Pengelolaan Sampah Kertas Di Indonesia. Vol. 2 : 276 - 280.
- Sembiring D N., Hakim L., Sucipto T. 2015. Kualitas Papan Semen dari Partikel Serutan Pensil dengan Berbagai Rasio Semen dan Partikel. *Jurnal Universitas Sumatra Utara*, 4 (2) : 175-185.
- Standar Nasional Indonesia. 2006. Mutu Papan Partikel SNI 03-2105-2006. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Suhaemi, Z. 2011. Diktat Metode Penelitiandan Rancangan Percobaan. Fakultas Pertanian. Universitas Tamansiswa.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008. Tentang Pengelolaan Sampah. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Vincentius K., Andreas P. S. 2017. Papan Partisi Dari Limbah Kertas. *Jurnal Intra Program Studi Desain Interior, Universitas Kristen Petra* Vol. 5 (2) Hal. 802-810.
- Wibowo, A. 2009. Kondisi Persampahan Kota di Indonesia. Blog civitas UNS weblog. <http://narasibumi.blog.uns.ac.id/kondisi-persampahan-kota-di-indonesia> di akses pada tanggal 18 Mei 2021.
- 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