



**PRODUKSI PAPAN PARTIKEL BERBAHAN DASAR
SEKAM PADI DAN *POLYSTYRENE***

Tariza Humaira, Bagus Kurniawan, Jenner Hawckins At-Tsaqib dan Safirda Hasanah
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan
tarizahumaira@mhs.unimed.ac.id

Diterima: April 2022. Disetujui: Mei 2022. Dipublikasikan: Juni 2022

ABSTRAK

Sampah *styrofoam* dan limbah sekam padi turut berkontribusi dalam permasalahan lingkungan. Lignoselulosa dalam sekam dan sifat termoplastik dari *styrofoam* berpeluang dimanfaatkan dalam pembuatan papan partikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi terbaik pada pembuatan papan partikel dari sekam padi dan *styrofoam* agar dihasilkan sifat fisis serta *Internal Bond* (IB) yang terbaik berdasarkan SNI 03-2105-2006. Sekam yang telah dipreparasi dicampurkan dengan perekat (50:50) yang dibuat dengan cara melarutkan *styrofoam* dalam silena. Pada beberapa papan partikel ditambahkan *compatibilizer* berupa MA, BPO dan DVB. Setelah semua tercampur merata, kemudian dipress menggunakan *hotpress* pada suhu 160°C selama 30 menit. Papan yang telah jadi dijemur dibawah matahari dan dibiarkan disuhu ruang. Lalu, dilakukan uji sifat fisis dan kuat tarik. Papan partikel dengan MA, BPO, DVB adalah yang terbaik dengan nilai kerapatan sebesar 0,689 g/cm³, kadar air sebesar 3,61%, pengembangan tebal sebesar 2,04%. Sedangkan, papan partikel dengan MA, BPO memiliki nilai IB terbaik, yaitu 24,227 kg/cm².

Kata kunci: Sekam Padi, *Styrofoam*, *Compatibilizer*, Papan Partikel

ABSTRACT

Styrofoam waste and rice husk waste contribute to environmental problems. Lignocellulose in rice husk and the thermoplastic properties of styrofoam have the opportunity to be used in the manufacture of particle boards. This research aims to find out the best composition for the manufacture of particle boards from rice husks and styrofoam to produce the best physical and internal bond (IB) properties based on SNI 03-2105-2006. The prepared husk is mixed with an adhesive (50:50) made by dissolving styrofoam in xylene. On some particle boards are added compatibilizers in the form of MA, BPO, and DVB. Once all is evenly mixed, then pressed using a hotpress at a temperature of 160°C for 30 minutes. The finished board is sunbathed under the sun and left in the room. Then, test the physical and strong nature of the attraction. Particle boards with MA, BPO, and DVB are the best with a density value of 0.689 g/cm³, water content of 3.61%, and thick development of 2.04%. Meanwhile, particle boards with MA and BPO have the best IB value, which is 24,227 kg/cm².

Keywords: Rice Husk, *Styrofoam*, *Compatibilizer*, Particle Board

PENDAHULUAN

Kondisi lingkungan Indonesia saat ini sangat memprihatinkan. Banyak tempat yang telah tercemar oleh sampah, baik daratan maupun perairan. Pencemaran akibat sampah plastik menjadi bahasan yang tak kunjung selesai diperbincangkan. Tentunya hal ini harus diperhatikan karena plastik bersifat sukar terurai, diperlukan waktu bahkan hingga 100 tahun agar plastik dapat terurai (Purwaningrum, 2016). Asosiasi Industri Plastik Indonesia dan Badan Pusat Statistik mendapatkan data bahwa di Indonesia terdapat sekitar 64 juta ton per tahun sampah plastik, yang dimana sekitar 3,2 juta ton dibuang ke laut (Olavia, 2021).

Sampah styrofoam termasuk jenis sampah plastik yang turut berkontribusi dalam pencemaran lingkungan. Styrofoam (polystyrene) saat ini sedang marak digunakan, seperti sebagai pelapis dalam pengemasan barang elektronik, bahan bangunan, pemantul cahaya dalam bidang fotografi atau pembuatan film, bahkan dikreasikan menjadi barang berseni (Suprpto & Nugroho, 2018).

Selain sampah plastik, limbah pertanian pun sepatutnya diperhatikan karena keberadaannya juga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu limbah pertanian yang kerap ditemui adalah sekam padi. Industri penggilingan padi menghasilkan sekam sekitar 20% (Yusuf & Hijrah, 2019). Sekam padi merupakan salah satu produk samping pengolahan padi yang mengandung lignoselulosa serta silika dengan kadar yang cukup tinggi. Kandungan senyawa kimia yang ada pada sekam berupa 50% selulosa, 25-30% lignin serta 15-20% silika (Safitri, 2019). Sejauh ini, limbah sekam padi belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Kebanyakan masyarakat menjadikan limbah sekam padi sebagai bahan bakar konvensional. Tingginya kadar lignoselulosa pada sekam menyebabkan sifat kuat dan kaku. Hal ini menjadikan sekam padi dapat dimanfaatkan menjadi bahan pengisi pada pembuatan papan partikel (Ngafwan, 2017).

Pencemaran sampah styrofoam dan limbah sekam padi tersebut harus segera diatasi agar tidak berkelanjutan. Oleh karena itu, akan diteliti mengenai kombinasi penggunaan sekam padi sebagai pengisi dan styrofoam (polystyrene) sebagai perekat pada pembuatan papan partikel. Nantinya, papan yang telah jadi akan dilakukan uji sifat fisis serta kuat tarik untuk mengetahui kualitasnya. Styrofoam termasuk salah satu jenis plastik dengan bahan dasar polystyrene. Sifat kaku, sangat ringan serta cepat rapuh yang dimiliki styrofoam disebabkan karena senyawa polystyrene yang dikandungnya (Mahmudi & Londa, 2017). Styrofoam akan menjadi lunak ketika dipanaskan dan akan kembali mengeras ketika dingin, sifat ini dikenal dengan termoplastik. Tak hanya itu, styrofoam juga tahan terhadap basa, asam serta sifat korosif lainnya (Somadona et al., 2020).

Sebelumnya, telah ada yang meneliti mengenai pemanfaatan sekam padi sebagai pengisi dalam pembuatan papan partikel, seperti (Arifin dkk, 2017) yang meneliti mengenai pemanfaatan limbah plastik polypropylene (PP) dan sekam padi menjadi papan partikel. Dikabarkan bahwa papan partikel yang didalamnya mengandung termoplastik (seperti polyethylene, polypropylene, polystyrene) memiliki kestabilan dimensi lebih tinggi (hidrofobik), tahan cuaca dan tahan jamur. Hal inilah yang menyebabkan meluasnya penggunaan termoplastik sebagai pengikat dalam pembuatan papan partikel (Kwon et al., 2018).

Penelitian mengenai pemanfaatan polystyrene sebagai perekat juga pernah dilakukan oleh (Mawardi, 2009) dengan menggunakan Kayu Kelapa Sawit (KKS) sebagai pengisi. Namun, penelitian mengenai kombinasi sekam padi dengan polystyrene belum pernah dilakukan, hal inilah yang menjadi pembaharuan dalam penelitian ini. Selain itu, compatibilizer juga akan ditambahkan pada beberapa papan partikel yang akan dibuat. Compatibilizer yang akan digunakan adalah Maleat Anhidrida (MA), Benzoil Peroksida (BPO) dan Divinilbenzena (DVB).

Penambahan MA dapat membuat sifat permukaan sekam padi dengan polystyrene menjadi lebih homogen serta memudahkan kontak langsung antara sekam padi dengan polystyrene (Pelawi, 2018). DVB berperan sebagai zat pengikat silang yang dapat meningkatkan sifat polimer. Selain itu, DVB juga mampu meningkatkan ketahanan terhadap tekanan retak, panas distorsi, bahan kimia, kekuatan serta kekerasan (Kurniawan, 2017). BPO menjadi inisiator dalam tahapan polimerisasi serta pembentukan ikatan silang. BPO merupakan senyawa peroksida yang dapat membentuk radikal bebas. Penambahan senyawa pembentuk radikal bebas dapat memberi ikatan bagi polimer (Bilmeyer, 1971).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi yang paling tepat dari tiga buah papan partikel yang akan dibuat guna menghasilkan papan partikel dengan sifat fisis dan Internal Bond (IB) terbaik sesuai persyaratan SNI 03-2105-2006.

METODE PENELITIAN

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi sekam padi, *styrofoam*, larutan NaOH 5%, akuades, silena, Maleat Anhidrida (MA), Benzoin Peroksida (BPO) dan Divinil Benzena (DVB). Alat yang digunakan meliputi refluks, cetakan berukuran (12 × 15 × 0,5) cm, pengaduk, mesin *hot press*, jangka sorong dan mistar.

B. Prosedur Penelitian

1. Preparasi Sekam Padi dan *Styrofoam*

Sekam padi dipreparasi dengan cara merendamnya terlebih dahulu dalam larutan NaOH 5% (alkalisasi) selama satu malam. Kemudian, sekam padi dicuci menggunakan akuades. Selanjutnya, sekam padi dijemur di bawah terik matahari hingga benar-benar kering. Lalu, sekam padi dihaluskan menggunakan blender dan selanjutnya diayak menggunakan ayakan 20 mesh. Selain itu, *styrofoam* dipreparasi dengan cara memotongnya menjadi ukuran yang lebih kecil.



Gambar 1. a) Sekam Padi yang Telah Halus, b) *Styrofoam Chips*

2. Pembuatan Papan Partikel

Timbang terlebih dahulu sekam padi yang telah dialkalisasi (SP), *styrofoam* (PS), MA, BPO, DVB serta silena sesuai dengan jumlah yang telah ditentukan. Kemudian, campurkan MA, BPO, DVB dengan pelarut silena menggunakan refluks. Lalu, campurkan *styrofoam* dengan silena hasil refluks tersebut dan aduk hingga terbentuk pasta. Selanjutnya, campurkan pasta yang telah terbentuk dengan sekam padi dan aduk hingga merata (perbandingan yang digunakan adalah 50:50). Setelah merata, masukkan ke dalam cetakan yang telah dilapisi *aluminium foil* dan rapikan. Kemudian, kempa menggunakan *hot press* pada suhu 160°C selama 30 menit. Papan partikel yang telah jadi selanjutnya dijemur dibawah terik matahari selama 2 hari, lalu didiamkan pada suhu ruang selama 7 hari.

Tabel 1. Komposisi Papan Partikel

	SP (g)	PS (g)	Silena (mL)	MA (g)	B P O (g)	D V B (g)
1	48	48	100	-	-	-
2	48	48	100	5,76	0,4608	
3	48	48	100	5,76	0,4608	2,88

3. Uji Papan Partikel

Standar nilai uji sifat fisis dan mekanik papan partikel dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Standar nilai uji fisis berdasarkan SNI 03-2105-2006

SNI 03-2105-2006	
Uji Kerapatan (g/cm ³)	0,4 – 0,9
Uji Kadar Air (%)	14 maks
Uji Pengembangan Tebal (%)	12 maks* 25 maks *bila papan tebalnya ≤ 12,7 mm

	maksimum 25%; bila tebalnya > 12,7 mm maksimum 20%
<i>Internal Bond</i> (kg/cm ²)	1,5 min

1. Kerapatan

Papan uji ditimbang dalam keadaan kering udara. Lalu, sampel uji diukur panjang, lebar serta tebalnya. Nilai kerapatan diperoleh melalui rumus dibawah.

$$\text{Kerapatan} = \frac{B}{I} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan: B = massa (gram) ; I = volume (cm³) = panjang (cm) × lebar (cm) × tinggi (cm)

2. Kadar Air

Papan uji ditimbang massa awalnya. Kemudian, sampel uji dikeringkan menggunakan oven pada suhu 103±2°C selama 2 jam. Lalu, papan uji dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit. Kegiatan ini diulang sampai massanya konstan, yaitu jika perbedaan beratnya maksimum 0,1%. Nilai kadar air diperoleh melalui rumus berikut.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{Ba-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan: Ba = massa awal (gram) ; Bk = massa konstan (gram)

3. Pengembangan Tebal

Papan uji diukur tebal awalnya. Lalu, papan uji direndam dalam air dengan suhu 25±1°C secara horizontal dengan kedalaman 3 cm dari permukaan air selama 24 jam. Selanjutnya, papan uji diambil, diseka dengan tisu dan diukur tebal akhirnya. Nilai pengembangan tebal diperoleh melalui rumus berikut. Pengembangan Tebal (%) =

$$\frac{T_2-T_1}{T_2} \times 100\% (3)$$

Keterangan: T₁ = tebal awal sebelum direndam air (mm) ; T₂ = tebal akhir setelah direndam air (mm)

4. Internal Bond (IB)

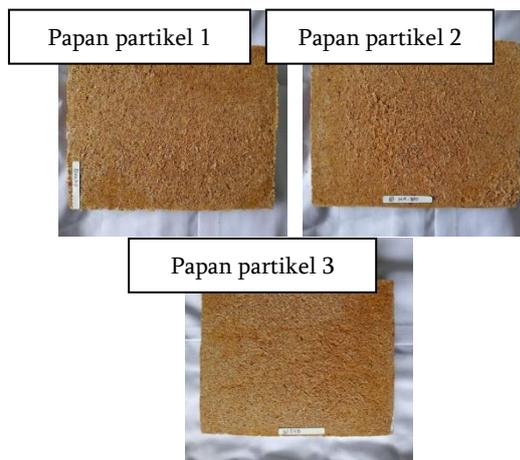
Papan uji diukur luas permukaannya. Kemudian, letakkan papan uji pada mesin Tensile. Lalu, papan uji ditarik tegak lurus dengan kecepatan yang telah ditentukan. Dari uji ini akan diperoleh nilai IB melalui rumus berikut.

$$IB \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{P_{MAX}}{A} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan: P_{MAX} = nilai beban maksimum (kg) ; A = luas permukaan (cm²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara visual, terlihat bahwa papan partikel dengan penambahan *compatibilizer* berupa MA, BPO dan DVB memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan dua buah papan partikel lainnya. Selain itu, terlihat bahwa warna papan partikel dengan penambahan *compatibilizer* lebih cerah dibandingkan papan partikel tanpa penambahan *compatibilizer*.



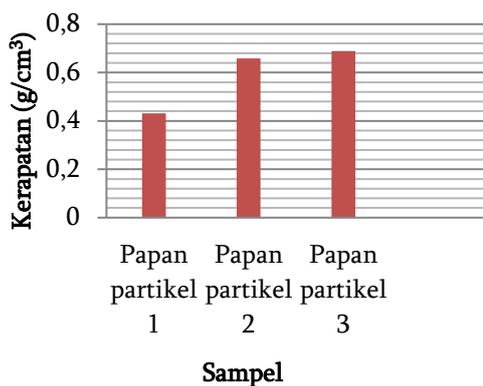
Gambar 2. Papan Partikel yang Telah Jadi

1. Kerapatan

Kerapatan adalah sifat dasar papan partikel yang didefinisikan sebagai berat per satuan volume. Perbedaan jenis bahan baku dan dan impregnasi rasio memengaruhi kerapatan papan. Kerapatan memengaruhi sifat-sifat lainnya seperti *Modulus of Rupture* (MOR), *Modulus of Elasticity* (MOE), *Internal Bond* (IB), pengembangan tebal dan daya serap air (Kibet, 2020). Keteguhan papan akan meningkat seiring dengan meningkatnya kerapatan, namun kestabilan dimensinya akan menurun (Haygreen & Bowyer, 1996). Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kerapatan papan berada pada rentang 0,431-0,689. Dengan demikian, kerapatan seluruh papan partikel telah memenuhi standar SNI, yaitu 0,4 – 0,9.

Tabel 3. Hasil Uji Kerapatan Papan Partikel

Papan Partikel	MAH (g)	BPO (g)	DVB (g)	Kerapatan (g/cm ³)
1	-	-	-	0,431
2	5,76	0,4608	-	0,658
3	5,76	0,4608	2,88	0,689



Gambar 3. Grafik Nilai Kerapatan Papan Patikel

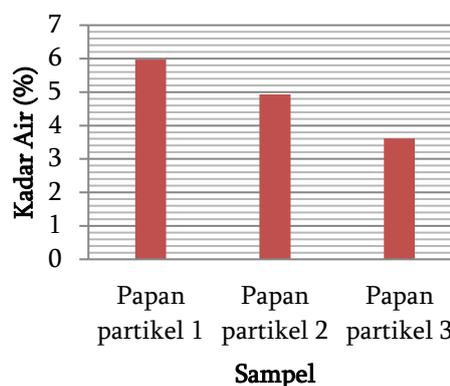
Papan partikel dengan kerapatan tertinggi adalah papan partikel 3, sedangkan papan partikel dengan kerapatan terendah adalah papan partikel 1. Hal ini karena pada papan partikel 3 terkandung *compatibilizer* berupa MA, BPO dan DVB yang mengubah sifat hidrofilik pada sekam menjadi hidrofobik sehingga meningkatkan kekuatan ikatan antarmuka dengan *polystyrene* yang juga bersifat hidrofobik. Ikatan yang baik antara sekam dengan *polystyrene* juga menyebabkan jumlah pori-pori yang terdapat pada papan partikel menjadi berkurang sehingga kerapatan meningkat (Kibet, 2020).

2. Kadar Air

Kadar air termasuk salah satu sifat fisis papan partikel yang memperlihatkan banyaknya air yang terkandung saat berada dalam keadaan kesetimbangan dengan lingkungan disekitarnya. Kadar air ditentukan dengan metode pengovenan. Kadar air dipengaruhi oleh sifat higroskopis (sangat mudah melepas serta menyerap air) dari papan partikel yang disebabkan oleh adanya kandungan lignin serta selulosa. Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kadar air papan berada pada rentang 3,61–5,97. Dengan demikian, kerapatan seluruh papan partikel telah memenuhi standar SNI, yaitu maksimum 14% terhadap ukuran kristal, seperti pada Gambar 2.

Tabel 4. Hasil uji kadar air papan partikel

Papan Partikel	MA (g)	B P O (g)	D V B (g)	KA (%)
1	-	-	-	5,97
2	5,76	0,4608	-	4,93
3	5,76	0,4608	2,88	3,61



Gambar 4. Grafik Nilai Kadar Air Papan Patikel

Papan partikel dengan kadar air tertinggi adalah papan partikel 1, sedangkan papan partikel dengan kadar air terendah adalah papan partikel 3. Papan partikel 1 menjadi yang tertinggi karena tidak terkandung *compatibilizer* pada papan partikel. Seperti yang telah diutarakan, kerapatan berhubungan dengan sifat papan partikel yang lain, salah satunya kadar air. Semakin tinggi kerapatan, maka kadar air semakin rendah karena air menjadi sukar masuk. Hal ini juga berhubungan dengan kadar perekat, yang dimana apabila kadar perekat semakin banyak maka nilai kerapatan akan semakin tinggi.

Compatibilizer mampu menurunkan kadar air karena dihasilkan ikatan kohesi yang baik antara pengisi dengan *polystyrene* setelah pengubahan sifat sekam padi menjadi hidrofobik, yang dimana sifat tersebut sama seperti sifat yang dimiliki *polystyrene*. Ikatan yang baik antara pengisi dengan perekat dapat mengurangi pori-pori papan partikel sehingga kadar air menurun (Kibet, 2020).

Sedangkan, faktor-faktor penyebab tingginya kadar air meliputi adanya ruang

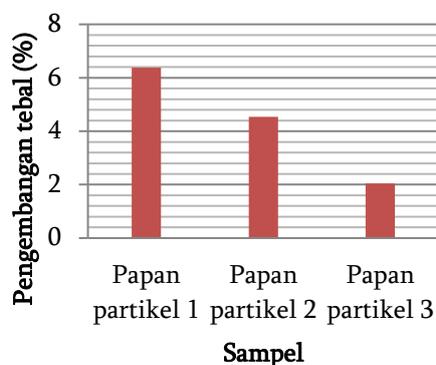
kosong yang mampu menampung partikel air, adanya saluran kapiler yang menghubungkan ruang-ruang kosong serta besarnya luas permukaan partikel (Tjahjanti et al., 2017).

3. Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal termasuk salah satu sifat fisis papan partikel yang didefinisikan sebagai bertambahnya ketebalan papan akibat perubahan dimensi. Pengembangan tebal berhubungan dengan air yang terserap oleh papan. Semakin banyak air yang terserap, maka ikatan antar partikel menjadi lemah sehingga papan mengembang. Jumlah perekat termasuk faktor yang memengaruhi pengembangan tebal, jumlah perekat yang semakin banyak menyebabkan nilai pengembangan tebal semakin rendah. Sebaliknya, jumlah perekat yang semakin sedikit menyebabkan nilai pengembangan tebal semakin tinggi (Abdulkareem et al., 2017). Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai pengembangan tebal papan berada pada rentang 2,04–6,38. Dengan demikian, pengembangan tebal seluruh papan partikel telah memenuhi standar SNI, yaitu maksimum 25%.

Tabel 5. Hasil Uji Pengembangan Tebal Papan Partikel

Papan Partikel	MA (g)	B P O (g)	D V B (g)	PT (%)
1	-	-	-	6,38
2	5,76	0,4608	-	4,54
3	5,76	0,4608	2,88	2,04



Gambar 5. Grafik Nilai Pengembangan Tebal Papan Patikel

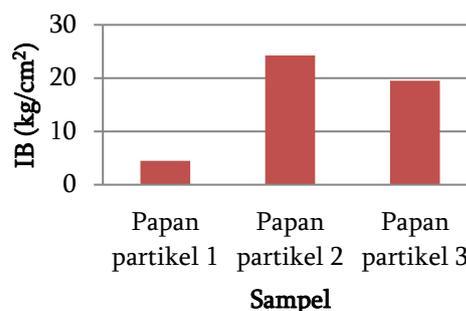
Papan partikel dengan nilai pengembangan tebal tertinggi adalah papan partikel 1, sedangkan papan partikel dengan nilai pengembangan tebal terendah adalah papan partikel 3. Sama halnya dengan kadar air, penambahan *compatibilizer* mampu meminimalisir terjadinya pengembangan tebal karena meningkatnya kekompakan antara *polystyrene* dengan sekam padi sehingga air menjadi sukar masuk. Oleh karena itu, papan partikel 3 menjadi yang terendah karena mengandung *compatibilizer* (MA, BPO dan DVB) dibandingkan dengan papan partikel 2 (hanya mengandung MA dan BPO) dan papan partikel 1 (tidak mengandung *compatibilizer*).

4. Internal Bond (IB)

Internal Bond (IB) merupakan sifat signifikan yang umumnya diujikan untuk setiap tipe papan partikel. Uji kuat tarik adalah beban maksimum yang dapat ditahan oleh papan partikel sebelum retak. Pada uji kuat tarik, sampel diletakkan pada mesin yang menjepit kedua ujung papan. Kemudian, mesin akan menarik ke atas dengan kecepatan yang telah diatur hingga terjadi keretakan pada papan (Muruganandam et al., 2016). Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai IB berkisar 4,496 – 19,545. Dengan demikian, IB seluruh papan partikel telah memenuhi standar SNI, yaitu di atas 3,1 kg/cm².

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tarik

Papan Partikel	Max Load (N)	Max Stress (MPa)	IB (kg/cm ²)
1	7,9364	0,440915531	4,49
2	42,7671	2,375951901	24,22
3	34,5022	1,916790448	19,54



Gambar 6. Grafik Nilai *Internal Bond* (IB) Papan Patikel

Papan partikel 2 memiliki IB tertinggi karena terkandung compatibilizer berupa MA dan BPO. Namun, papan partikel 3 yang mengandung lebih banyak compatibilizer (MA, BPO, DVB) justru memiliki IB lebih rendah dibandingkan papan partikel 2. Hal ini diperkirakan karena polystyrene dengan sekam padi tidak tercampur merata saat pembuatan papan partikel uji. Seperti yang dinyatakan oleh (Ramadhani et al., 2020), apabila perekat tercampur merata, ikatan yang terjadi antara pengisi dengan perekat akan semakin kuat. Papan partikel 1 merupakan yang terendah karena tidak terkandung compatibilizer.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan partikel dengan penambahan *compatibilizer* MA, BPO dan DVB memiliki sifat fisis (kerapatan, kadar air, pengembangan tebal) terbaik dibandingkan papan partikel dengan penambahan *compatibilizer* MA, BPO dan papan partikel tanpa penambahan *compatibilizer*. Papan partikel dengan penambahan *compatibilizer* MA, BPO dan DVB memiliki nilai kerapatan sebesar $0,689 \text{ g/cm}^3$, kadar air sebesar 3,61% dan pengembangan tebal sebesar 2,04%. Papan partikel dengan penambahan *compatibilizer* MA, BPO memiliki nilai kerapatan sebesar $0,658 \text{ g/cm}^3$, kadar air sebesar 4,93% dan pengembangan tebal sebesar 4,54%. Papan partikel tanpa penambahan *compatibilizer* memiliki nilai kerapatan sebesar $0,431 \text{ g/cm}^3$, kadar air sebesar 5,97% dan pengembangan tebal sebesar 6,38%

Sedangkan, untuk uji kuat tarik, diperoleh bahwa papan partikel dengan penambahan *compatibilizer* MA, BPO memiliki nilai IB terbaik dibandingkan papan partikel lain. Papan partikel dengan penambahan *compatibilizer* MA, BPO memiliki nilai IB sebesar $24,227 \text{ kg/cm}^2$. Papan partikel dengan penambahan *compatibilizer* MA, BPO dan DVB memiliki nilai IB sebesar $19,545 \text{ kg/cm}^2$. Papan partikel tanpa penambahan *compatibilizer* memiliki nilai IB sebesar $4,496 \text{ kg/cm}^2$.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkareem, S. A., Raji, S. A., & Adeniyi, A. G. (2017). Development of Particleboard from Waste Styrofoam and Sawdust. *Nigerian Journal of Technology Development*, 14(01), 18–22.
- Bilmeyer, F. W. (1971). *Text Book of Polymers*. John Wiley and Sons.
- Haygreen, J., & Bowyer, J. (1996). *Forest Products and Wood Science An Introduction* (3rd Edition). Wiley-Blackwell.
- Kibet, T. (2020). *Production And Characterization Of Particleboard From Leather Shavings And Waste Papers*. Moi University.
- Kurniawan, R. (2017). *Pengaruh Penambahan Divinilbenzena Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel dari Polipropilena yang Difungsionalisasi dengan Maleat Anhidrat dan Serbuk Batang Kelapa Sawit yang Telah Dialkalisasi*. Universitas Sumatera Utara.
- Kwon, J. H., Ayrilmis, N., & Han, T. H. (2018). Effect Of Core Layer Composition On Water Resistance And Mechanical Properties Of Hybrid Particleboard. *Environmental Engineering and Management Journal*, 17(12), 2857–2864.
- Mahmudi, A., & Londa, P. (2017). Optimasi Penerapan Teknologi Ekstruksi pada Prototipe Mesin Daur Ulang Limbah Styrofoam. *ROTASI*, 19(02), 92–96.
- Muruganandam, L., Ranjitha, J., & Harshavardhan, A. (2016). A Review Report on Physical and Mechanical Properties of Particle Boards from Organic Waste. *International Journal of ChemTech Research*, 09(01), 64–72.
- Ngafwan, N. (2017). Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Untuk Pembuatan Komposit Hambat Panas Menggunakan Matrik Resin. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 7(1), 17–23. <https://doi.org/10.23917/mesin.v7i1.3079>
- Olavia, L. (2021). *2021, Kurangi Pemakaian Plastik hingga 9,5%*. Investor.ID. <https://investor.id/lifestyle/2021-kurangi-pemakaian-plastik-hingga-95>

- Pelawi, A. I. (2018). *Pengaruh Suhu Penekanan Dan Komposisi Maleat Anhidrida Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Limbah Styrofoam Terisi Serat Kayu*. Universitas Sumatera Utara.
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 08(02), 141–147.
- Ramadhani, M., Wardani, L., & Lusiyani. (2020). Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Papan Partikel Berdasarkan Perbedaan Grade di PT. Barito Pacifik Tbk. *Jurnal Sylva Scientiae*, 02(03), 443–455.
- Safitri, D. I. (2019). Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Adsorben Pada Air Laut Dan Zat Warna. *Pharmacscript*, 1(2). <https://doi.org/10.36423/pharmacscript.v1i2.146>
- Somadona, S., Sribudiani, E., & Elsa, D. V. (2020). Karakteristik Blok Laminasi Kayu Akasia (*Acacia mangium*) dan Meranti Merah (*Shorea leprosula*) Berdasarkan Susunan Lamina dan Berat Labur Perekat Styrofoam. *Wahana Foresta: Jurnal Kehutanan*, 15(02), 53–64.
- Suprpto, Y., & Nugroho, P. B. (2018). *Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Adhesive Untuk Kayu Dan Papan Partikel*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Tjahjanti, Sutarman, Widodo, & Kusuma. (2017). The Use of Mushroom Growing Media Waste for Making Composite Particle Board. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 196 012024. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/196/1/012024>
- Yusuf, A. R., & Hijrah. (2019). Teknologi pemanfaatan limbah abu sekam padi menjadi paving blok. *Jurnal DEDIKASI*, 21(02), 139–143.