



Studi Potensial Papan Komposit dengan Variasi Komposisi Serat Kulit Jagung dan Timbal (II) Oksida Sebagai Perisai Radiasi Pengion

Asifa Asri^{1*}, Sinur Agustina Br Simanjuntak¹, Bintoro S. Nugroho¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78124

*Corresponding author. E-mail: asifa.asri@physics.untan.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan papan komposit yang terbuat dari serat kulit jagung dan timbal (II) oksida sebagai material perisai radiasi pengion. Serat kulit jagung yang kaya akan lignin dan selulosa dipilih sebagai bahan alam yang melimpah, sementara timbal (II) oksida dipilih karena memiliki densitas tinggi yang mampu menyerap radiasi. Papan komposit diproduksi dengan variasi komposisi filler serat kulit jagung dan timbal oksida menggunakan matriks polyvinyl acetate (PVAc). Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan komposit dengan komposisi timbal oksida 30% memiliki daya serap radiasi tertinggi, yaitu 68,7%. Namun, penambahan filler timbal oksida yang terlalu tinggi menyebabkan penurunan ikatan antar komponen komposit, yang berdampak pada rendahnya nilai modulus elastisitas (MOE) dan modulus patah (MOR). Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi bahan alam dan material berbasis timbal memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai perisai radiasi, meskipun diperlukan optimasi lebih lanjut terhadap sifat mekanisnya.

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diserahkan September 2024

Diterima Desember 2024

Tersedia online Desember 2024

Kata Kunci:

gaya berat; struktur; stratigrafi; pemodelan 2D; Perairan Arafura.

ABSTRACT

This research aims to develop composite boards made from corn husk fibers and lead (II) oxide as materials for ionizing radiation shields. Corn husk fibers, rich in lignin and cellulose, were chosen as an abundant natural material. At the same time, lead (II) oxide was selected due to its high density, making it effective at absorbing radiation. The composite boards were fabricated with varying compositions of corn husk fiber and lead oxide fillers, using polyvinyl acetate (PVAc) as the matrix. The results showed that the composite board with 30% lead oxide filler exhibited the highest radiation absorption rate, reaching 68.7%. However, an excessive amount of lead oxide filler weakened the bonding between the composite components, negatively affecting the modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR). These findings suggest that the combination of natural fibers and lead-based materials has the potential for development as radiation shields, although further optimization of the mechanical properties is necessary.

ARTICLE INFO**Article History:**

Submitted September 2024

Accepted December 2024

Available online December 2024

Keyword:gravity; structure; stratigraphy;
2D modeling; Arafura Waters.**1. Pendahuluan**

Setiap tahunnya, di seluruh dunia, dilakukan lebih dari 4,2 milyar pemeriksaan radiologi diagnostik, 40 juta prosedur kedokteran nuklir, dan 8,5 juta pengobatan radioterapi [1]. Prosedur medis ini harus dilakukan dengan hati-hati karena dosis paparan yang diterima tenaga medis tidak boleh melebihi batas tertentu. Sebagai gambaran, pada ambang dosis 1 Sv, radiasi dapat merusak fungsi jaringan atau organ dan dapat menyebabkan efek akut seperti kemerahan kulit, kebutakan, luka bakar radiasi, atau sindrom radiasi akut. Selain itu, perlu diwaspadai pula resiko efek stokastik paparan radiasi yang tidak bergantung dosis,

seperti potensi penyakit kanker atau mutasi sel yang dapat diturunkan.

Radiasi berenergi tinggi dapat mengionisasi jaringan yang dilewatinya, menimbulkan kerusakan pada sel-sel jaringan yang terpapar radiasi [2]. Oleh karena itu, perisai radiasi yang mampu menahan radiasi pengion sangat diperlukan [3]. Perisai radiasi adalah pelindung bagi pekerja rumah sakit untuk menghindari atau mengurangi fluks radiasi selama diberikannya paparan pada pasien. Perisai untuk radiasi pengion umumnya dibuat dari bahan dengan nomor massa dan kerapatan massa yang tinggi, seperti timbal. Bahan jenis ini cukup efektif untuk menyerap radiasi yang terhambur [4]. Timbal merupakan unsur

dengan nomor atom 82 yang memiliki densitas yang cukup besar, yakni sekitar $11,34 \text{ g/cm}^3$ sehingga baik untuk bahan perisai radiasi.

Studi yang dilakukan sebelumnya [5] menunjukkan bahwa bahan apron kulit sintetis dengan *filler* PbO memiliki daya serap radiasi sinar-X sebesar 57,52%. Pelindung radiasi dari material timbal dengan ketebalan 0,15 cm harus memiliki koefisien atenuasi minimum $0,166 \text{ cm}^{-1}$ dan maksimum $0,909 \text{ cm}^{-1}$ [6]. Lembaran komposit dengan menggunakan matriks karet alam dan komposisi filler serbuk ijuk *mesh* 25 tanpa penambahan timbal oksida dapat menyerap radiasi sinar gamma sebesar 40,94% [7]. Hal ini menunjukkan bahwa bahan alam juga berpotensi untuk digunakan sebagai pelindung radiasi.

Salah satu bahan alam yang tersedia melimpah namun belum diolah dengan baik, bahkan dianggap sebagai limbah, adalah kulit jagung. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Hasil Hutan IPB, kandungan kulit jagung terdiri dari lignin (10,11%), holoselulosa (67,99%), dan alfa selulosa (38,66%) [8]. Data tersebut menunjukkan bahwa material ini dapat digunakan sebagai *filler* pada papan komposit. Secara umum, papan komposit dipabrikasi dari partikel atau bahan berbasis lignoselulosa yang diikat oleh perekat melalui proses pengempaan dengan panas dan tekanan tertentu [9]. Meskipun penelitian

tentang papan komposit berbahan serat alam telah banyak dilakukan [10,11], namun studi tentang pabrikan material ini dari bahan kulit jagung untuk menyerap radiasi pengion masih belum dieksplorasi.

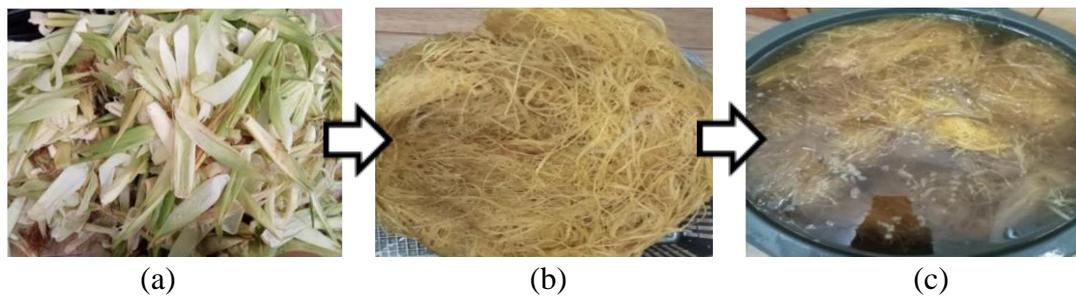
Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, kebaruan pada penelitian ini adalah dilakukan pembuatan papan komposit dari serat kulit jagung dan timbal oksida sebagai *filler* serta PVAc sebagai matriks untuk perisai radiasi pengion. Pengaruh komposisi dan *filler* (serat kulit jagung dan timbal (II) oksida) diteliti untuk melihat kemampuan optimum papan komposit dalam menyerap radiasi dari sumber radium-226.

2. Metode Penelitian

2.1 Preparasi Serat Kulit Jagung

Limbah kulit jagung terlebih dahulu dibersihkan dari bagian yang tidak memiliki nilai struktural karena dapat menurunkan kualitas papan komposit, seperti sisa daun, kulit yang rusak, serat yang terlalu halus, serta kotoran atau sisa-sisa tanaman. Kemudian, kulit jagung tersebut direndam dalam air selama 14 hari sebelum memasuki tahap penyeratan menggunakan sisir. Serat kulit jagung yang dihasilkan selanjutnya direndam dalam larutan NaOH 2% selama 1 jam untuk mengoptimalkan kekuatan mekanis serta menghilangkan kotoran dan lignin pada serat. Proses preparasi serat kulit jagung tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Setelah tahapan perendaman, serat kulit jagung dibilas dengan akuades hingga bersih



Gambar 1. Proses preparasi serat kulit jagung; (a) limbah kulit jagung, (b) serat yang dihasilkan dari kulit jagung, dan (c) perendaman serat menggunakan NaOH 2%

[12]. Serat kulit jagung yang telah dibilas kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 7 hari untuk menghilangkan kandungan air. Setelah itu, proses pengeringan serat dilanjutkan menggunakan oven listrik dengan suhu sekitar 102°C. Proses pengeringan ini dihentikan ketika massa serat kulit jagung sudah tidak berubah, yaitu setelah 7 jam. Selanjutnya, serat tersebut dipotong dengan ukuran panjang 9 cm.

2.2 Pembuatan Papan Komposit

Target kerapatan papan komposit yang dibuat adalah kerapatan sedang, yaitu 0,85 g/cm³, dan berbentuk balok dengan dimensi (30 × 30 × 1) cm. Massa jenis (ρ) papan komposit dapat dihitung menggunakan persamaan

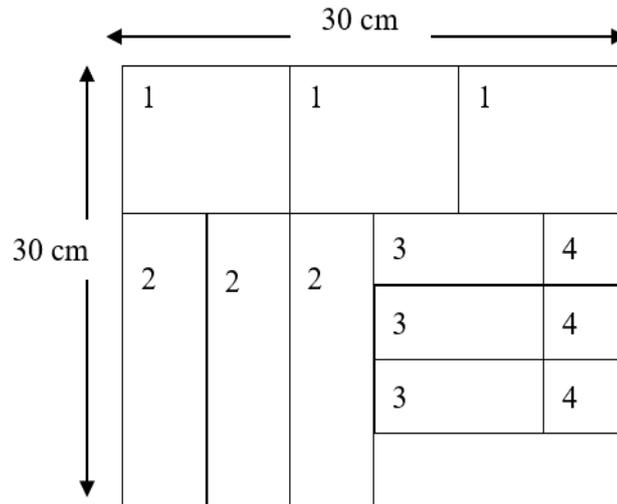
$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

dengan m adalah massa papan komposit (g) dan V menyatakan volume benda (cm³). Berdasarkan target kerapatan dan ukuran papan komposit yang dibuat, diperoleh massa total bahan baku adalah sebesar 765 g.

Bahan penyusun papan komposit terdiri dari matriks yaitu polyvinyl acetate (PVAc) dan dua jenis *filler*, yaitu serat kulit jagung dan timbal oksida. Rekapitulasi perhitungan massa bahan baku untuk setiap variasi komposisi bahan baku papan komposit selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Massa bahan baku berdasarkan komposisi matriks dan *filler* untuk papan komposit dengan target terapan 0,85 g/cm³

Persentase massa berdasarkan komposisi PVAc : serat : timbal oksida (%)	Massa (g)		
	PVAc	Serat kulit jagung	Timbal (II) oksida
50:50:0	382,5	382,5	0
50:30:20	382,5	229,5	153
50:25:25	382,5	191,25	191,25
50:20:30	382,5	153	229,5



Gambar 2. Pola pemotongan sampel untuk pengujian; (1) kerapatan dan daya serap radiasi, (2) MOE dan MOR, (3) kuat cabut sekrup, dan (4) rekat internal

Setelah ketiga bahan baku ditimbang menggunakan neraca digital sesuai dengan komposisinya, bahan tersebut dicampur dan diaduk dengan pengadukan secara manual hingga homogen. Kemudian bahan komposit dicetak menggunakan cetakan berukuran $(30 \times 30 \times 1)$ cm dan dikempa menggunakan *hot press* dengan tekanan 25 N/cm^2 pada suhu 130°C selama 15 menit. Setelah papan komposit dikempa, maka papan komposit dikondisikan dengan meletakkannya di suhu ruang selama 7 hari. Tahap ini bertujuan untuk stabilisasi dimensi, penyempurnaan ikatan antar matriks dan *filler*, serta

penyesuaian kelembapan. Hal ini dilakukan untuk memastikan kualitas akhir papan komposit, menjadikannya lebih stabil, kuat, dan tahan lama.

2.3 Pemotongan Sampel Uji

Papan komposit dipotong menggunakan *table saw* sesuai dengan ukuran sampel uji yang mengacu pada standar SNI 03-2105-2006. Pola pemotongan papan komposit untuk setiap pengujian ditunjukkan pada Gambar 2. Setiap bagian potongan papan komposit digunakan untuk satu atau beberapa pengujian tertentu. Bagian 1 ($10 \times 10 \times 1$) cm digunakan untuk uji kerapatan dan daya



(a)



(b)

Gambar 3. Pengujian daya serap radiasi pada kondisi (a) tanpa sampel dan (b) dengan sampel

serap radiasi, bagian 2 ($5 \times 20 \times 1$) cm untuk uji mekanis, yaitu *modulus of elasticity* (MOE) dan *modulus of rupture* (MOR), bagian 3 ($5 \times 10 \times 1$) cm untuk uji kuat cabut sekrup, dan bagian 4 ($5 \times 5 \times 1$) cm digunakan untuk uji *internal bonding* (IB). Setiap sampel uji diukur menggunakan jangka sorong.

2.4 Uji Daya Serap Radiasi

Detektor radiasi yang digunakan untuk mengukur intensitas radiasi pengion adalah pencacah Geiger Muller. Susunan alat pada pengujian daya serap radiasi disajikan pada Gambar 3. Nilai intensitas radiasi mula-mula I_0 diperoleh dengan mengukur radiasi tanpa sampel (Gambar 1 (a)). Selanjutnya, sampel uji diletakkan di tengah dua kolimator untuk memperoleh nilai radiasi setelah melewati bahan I_x (Gambar 1 (b)). Setiap pengukuran dilakukan selama 10 menit dan diulang sebanyak 6 kali. Sampel dibagi menjadi 3 papan pada setiap variasi komposisi *filler*. Data-data yang diperoleh kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai I_x pada setiap variasi komposisi. Daya serap radiasi DS dihitung menggunakan persamaan

$$DS = \left(1 - \frac{I_x}{I_0}\right) \quad (2)$$

2.5 Uji Kerapatan

Massa sampel uji papan komposit berukuran ($10 \times 10 \times 1$) cm ditimbang menggunakan neraca analitik. Selanjutnya, kerapatan sampel dihitung menggunakan

persamaan (1) dengan nilai volume yang telah diperoleh dari hasil pengukuran dimensi sebelumnya.

2.6 Uji Kerapatan

Nilai MOE dan MOR diuji menggunakan *universal testing machine*. Sampel uji papan komposit berukuran ($5 \times 20 \times 1$) cm diletakkan di tengah dua penyangga yang berjarak 15 cm, kemudian diberi beban. Nilai MOE (N/mm^2) dihitung menggunakan persamaan (3) dan nilai MOR (N/mm^2) dihitung menggunakan persamaan (4), dengan ΔP adalah beban yang diterima sampel (N), L adalah panjang bentang jarak sangga (mm), ΔS adalah jarak defleksi (mm), b adalah lebar sampel (mm), dan h adalah tebal sampel (mm).

$$\text{MOE} = \frac{\Delta PL^3}{4bh^3 \Delta S} \quad (3)$$

$$\text{MOR} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (4)$$

2.7 Uji *Internal Bonding* (IB)

Bagian atas dan bawah sampel sampel uji papan komposit yang berukuran ($5 \times 5 \times 1$) cm direkatkan dengan dua balok besi. Kemudian kedua balok tersebut ditarik tegak lurus permukaan sampel uji hingga sampel tersebut terpisah menjadi dua bagian. Nilai IB (N/mm^2) dihitung menggunakan persamaan (5), dengan P adalah beban maksimum (N) dan A adalah luas penampang (mm^2).

$$IB = \frac{P}{A} \quad (5)$$



Gambar 4. Hasil pabrikasi papan komposit tampak atas dengan perbandingan komposisi *filler* serat kulit jagung dan timbal oksida berturut-turut; (a) 50:0, (b) 30:20, (c) 25:25, dan (d) 20:30

2.8 Uji Kuat Cabut Sekrup (KCS)

Sekrup berdiameter 0,27 cm dan panjang 1,6 cm ditanam sedalam 0,8 cm pada sampel uji berukuran (5 × 10 × 1) cm. Sekrup yang telah tertanam di dalam sampel kemudian ditarik perlahan. Nilai KCS (N) dihitung menggunakan persamaan (6) dengan P_{MAX} adalah beban maksimum yang diterima sampel (N), T_1 merupakan beban yang diterima titik 1 (N), dan T_2 adalah beban yang diterima titik 2 (N).

$$KCS = P_{MAX} \quad (6)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pabrikasi Papan Komposit

Papan komposit hasil pabrikasi telah sesuai dengan bentuk yang ditargetkan yaitu balok berukuran (30×30×1) cm. Hasil pabrikasi papan komposit untuk seluruh variasi komposisi *filler* dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4(a) merupakan papan komposit yang tidak diberikan timbal oksida. Gambar 4(b) hingga Gambar 4(d) adalah

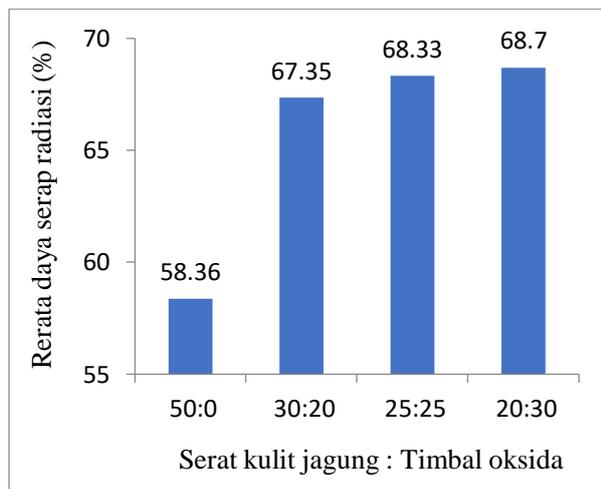
papan komposit yang ditambahkan timbal oksida dengan konsentrasi 20%, 25%, dan 30%, berturut-turut.

Filler dengan komposisi timbal oksida 30% menghasilkan papan komposit dengan distribusi timbal oksida yang lebih merata dibandingkan variasi komposisi lainnya. Hal ini terlihat dari warna jingga yang merata pada permukaan papan komposit. Penyebaran timbal oksida tersebut dapat dilihat pada Gambar 4(b), 4(c) dan 4(d). Meskipun terjadi distribusi timbal yang merata pada komposisi ini, terjadi penurunan ikatan antara matriks dan *filler* pada bagian sisi papan komposit. Kondisi ini terlihat dari serat yang terlepas pada sisi bagian samping papan komposit. Hal ini mengungkapkan jika jumlah matriks 50% tidak cukup kuat untuk mengikat *filler* saat jumlah timbal oksida lebih dari 20%.

3.2 Hasil Daya Serap Radiasi

Nilai rata-rata daya serap radiasi dihitung menggunakan persamaan (2). Daya serap radiasi tertinggi yaitu 68,7% ditunjukkan

oleh papan komposit dengan komposisi timbal oksida 30%. Nilai rata-rata daya serap radiasi papan komposit disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan hasil yang diperoleh, terlihat bahwa papan komposit yang memiliki kandungan timbal oksida menunjukkan nilai rata-rata daya serap radiasi yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan papan komposit yang tidak memiliki kandungan timbal oksida. Data ini juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan timbal oksida pada *filler*, semakin tinggi pula rata-rata daya serap radiasinya, meskipun tidak terlihat secara signifikan pada tiga variasi komposisi *filler* yang digunakan.



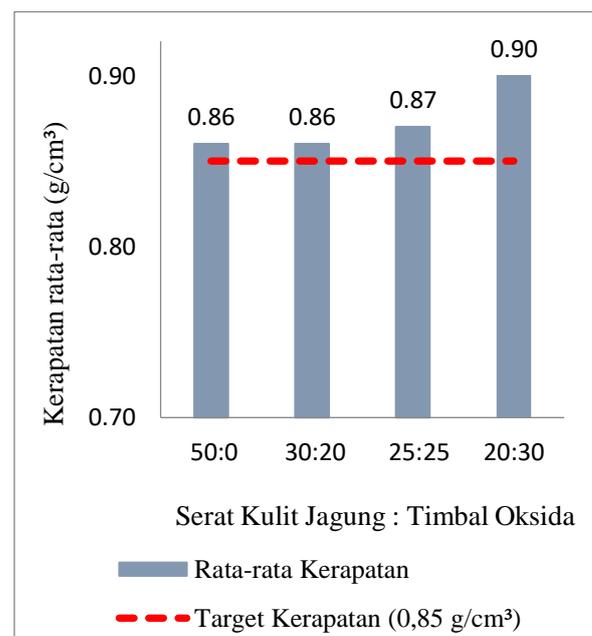
Gambar 5. Diagram daya serap radiasi terhadap variasi komposisi *filler*

3.3 Hasil Kerapatan Papan Komposit

Nilai rata-rata kerapatan papan komposit yang diperoleh dari tiap variasi sampel dapat dikatakan memenuhi kerapatan sedang yang ditargetkan ($0,85 \text{ g/cm}^3$) yaitu $0,86 \text{ g/cm}^3$ s.d. $0,9 \text{ g/cm}^3$. Perhitungan untuk memperoleh

nilai kerapatan menggunakan persamaan (1). Nilai kerapatan tersebut telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Nilai rerata kerapatan dari seluruh variasi disajikan pada Gambar 6.

Konsentrasi timbal oksida yang semakin tinggi mengakibatkan terjadi sedikit kenaikan kerapatan. Hal ini diduga karena kerapatan papan komposit dipengaruhi oleh keberadaan timbal oksida sebagai bahan baku papan komposit.



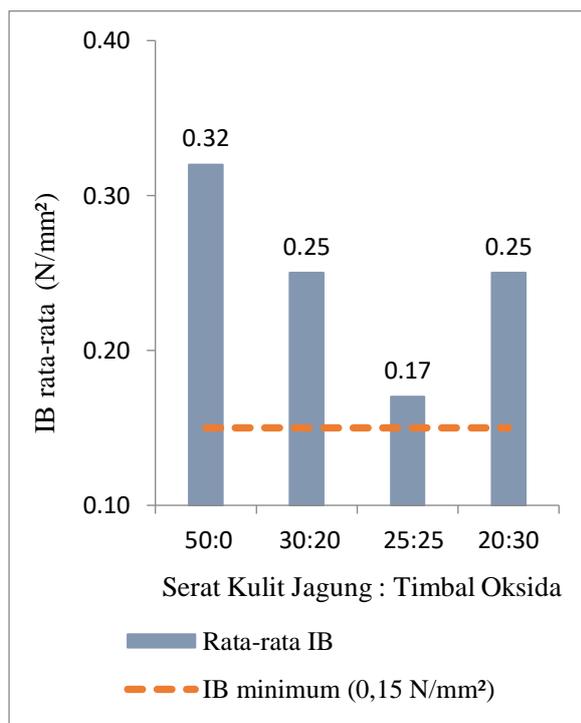
Gambar 6. Diagram nilai rata-rata kerapatan terhadap variasi komposisi filler

3.4 Hasil Uji *Internal Bonding* (IB)

Internal bonding (IB) pada komposit berguna untuk mengukur kekuatan ikatan antar komponen di dalam material komposit, khususnya dalam material seperti papan serat. Perhitungan untuk mendapatkan nilai IB menggunakan persamaan (5). Nilai rata-rata IB papan komposit yang diperoleh dari

setiap variasi komposisi papan komposit berada pada rentang 0,17 - 0,32 N/mm². Nilai ini telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yang mensyaratkan nilai minimum IB adalah 0,15 N/mm². Rerata IB untuk setiap variasi komposisi disajikan pada Gambar 7.

Berdasarkan hasil pengujian IB yang terlihat pada Gambar 7, nilai IB untuk komposisi 25% timbal oksida merupakan papan komposit yang paling lemah ikatan antar bahan penyusun papan komposit. Kondisi ini yang menyebabkan hasil pabrikasi papan komposit menjadi kurang baik. Terlihat secara kualitatif banyak serat dan timbal oksida yang terlepas dari papan komposit. Selain itu, nilai IB yang rendah akan berdampak pada sifat mekanis lainnya yaitu MOE dan MOR.



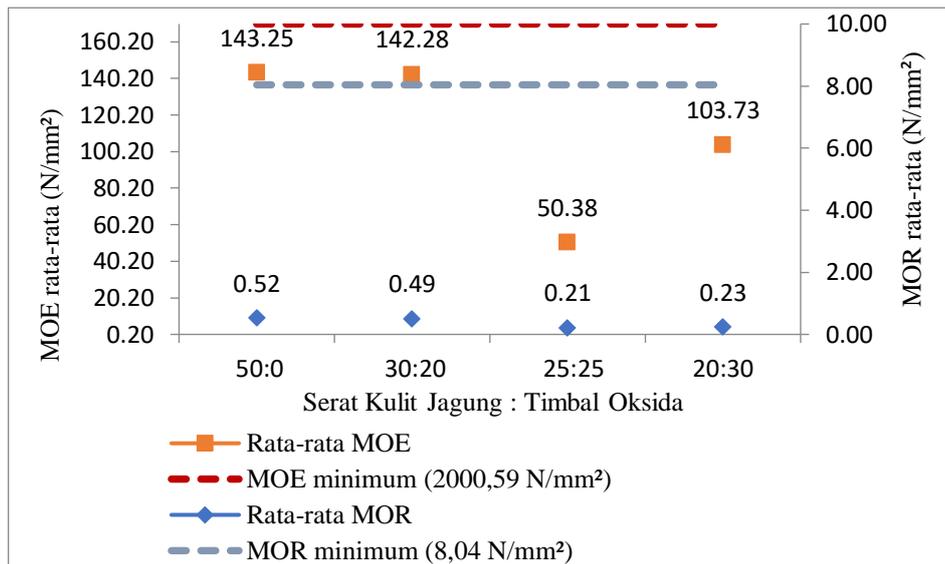
Gambar 7. Diagram nilai rata-rata IB terhadap variasi komposisi *filler*

3.5 Hasil Uji MOE dan MOR

Nilai rata-rata MOE dan MOR yang diperoleh dari tiap variasi komposisi bahan baku pada papan komposit berturut-turut berada pada rentang 50,38 N/mm² – 143,25 N/mm² dan 0,21 N/mm² – 0,52 N/mm². Perhitungan untuk memperoleh nilai MOE dan MOR digunakan persamaan (3) dan (4). Kedua nilai pada parameter ini tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yang mensyaratkan nilai minimum MOE yaitu 2.000,59 N/mm² dan nilai minimum MOR yaitu 8,04 N/mm². Nilai rata-rata MOE dan MOR dapat dilihat pada Gambar 8.

Saat pengujian MOE dan MOR dilakukan, terjadi perbedaan lenturan beban (defleksi) yang besar untuk komposisi timbal oksida 25% dan 30%. Hal ini mengakibatkan nilai MOE menjadi rendah. Kondisi ini diduga karena lemahnya ikatan antara matriks dan *filler* yang dibuktikan dengan tidak meratanya perekat serta nilai IB yang rendah pada papan komposit dengan komposisi tersebut (Gambar 7). Tidak homogenya bahan baku dapat menyebabkan terjadinya perbedaan kualitas baik dari sifat fisis maupun mekanis dari papan komposit (Hasan et al., 2021).

Semakin tinggi nilai MOE bahan, semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi pada papan komposit apabila diberi gaya [13]. Nilai MOE dan MOR sangat dipengaruhi oleh kandungan dan jenis bahan perekat yang



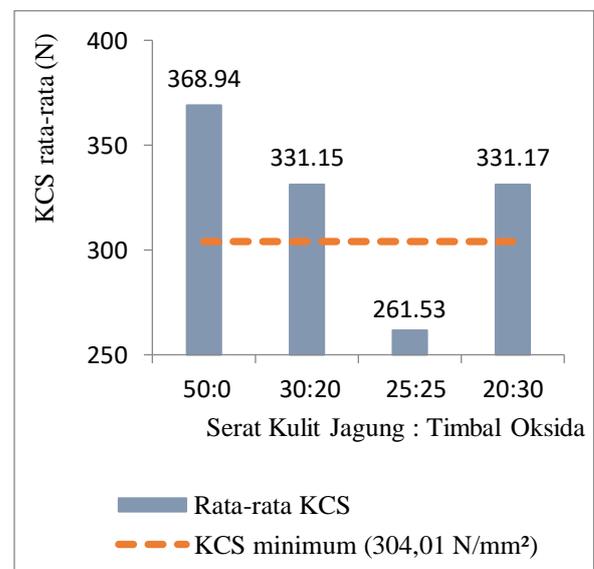
Gambar 8. Grafik nilai rata-rata MOE dan MOR terhadap variasi komposisi *filler*

digunakan, daya ikat perekat, serta panjang serat. Nilai MOR bersesuaian dengan nilai MOE, semakin tinggi nilai MOE maka nilai MOR juga cenderung semakin meningkat, maupun sebaliknya [14].

3.6 Hasil Kuat Cabut Sekrup (KCS)

Papan komposit yang dipabrikasi ini akan diaplikasikan sebagai perisai radiasi pengion. Nilai KCS pada papan komposit yang digunakan sebagai perisai radiasi pengion/partisi ruangan berguna untuk memastikan kemampuan papan tersebut dalam menahan sekrup yang dipasang di dalamnya. Perhitungan untuk memperoleh nilai keteguhan cabut sekrup digunakan persamaan (6). Nilai rata-rata KCS papan komposit yang didapatkan dari tiap variasi komposisi berada pada rentang 261,53 N/mm² - 368,94 N/mm². Nilai rerata KCS seluruh variasi komposisi dapat dilihat pada Gambar 9.

Kecenderungan hasil nilai KCS yang diperoleh bersesuaian dengan kajian papan serat yang telah dikaji sebelumnya [13], bahwa saat nilai IB tinggi maka nilai KCS juga cenderung meningkat. Selain itu nilai KCS papan komposit juga akan semakin tinggi apabila persentase serat yang dicampurkan semakin banyak [15].



Gambar 9. Diagram nilai rata-rata KCS terhadap variasi komposisi filler

4. Simpulan

Pada penelitian ini, telah dipabrikasi papan komposit dari serat kulit jagung dan timbal (II) oksida yang dapat berfungsi sebagai perisai radiasi pengion. Papan komposit dengan komposisi timbal oksida 30% memiliki daya serap radiasi tertinggi, yaitu sebesar 68,7%. Meskipun demikian, peningkatan kadar timbal oksida menyebabkan penurunan kekuatan mekanis, terutama pada modulus elastisitas dan modulus patah yang tidak memenuhi standar yang disyaratkan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun serat kulit jagung dan timbal oksida berpotensi sebagai bahan perisai radiasi, perlu dilakukan optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan kekuatan mekanisnya. Komposisi yang lebih seimbang antara matriks, serat, dan filler timbal oksida perlu diteliti untuk menghasilkan material perisai yang tidak hanya efektif dalam menyerap radiasi, tetapi juga memiliki sifat mekanis yang memadai untuk aplikasi praktis.

5. Referensi

1. WHO. (2023). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects>.
2. Hasmawati, Sahara, & Hemawati. (2016). Analisis Dosis Paparan Radiasi di Unit Radiologi. *Jurnal Fisika dan Terapannya*, 3(1), 95–109.
3. Martem, D. R., Milvita, D., Yuliati, H., & Kusumawati, D. D. (2015). Pengukuran Dosis Radiasi Ruangan Radiologi II Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Baiturrahmah Padang Menggunakan Surveymeter UNFORS-XI. *Jurnal Fisika Unand*, 4(4), 414–418.
4. Dabukke, H., Aritonang, F., & Sijabat, S. (2021). Analisis Berkas Sinar-X Pada Perisai Radiasi Berbasis Polyester Timbal Asetat di Murni Teguh Memorial Hospital. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako*, 9(April), 70–76.
5. Abidin, Z., Alkrytania, D., & Indrajati, I. N. (2017). Analisis Bahan Apron Sintetis dengan Filler Timbal (II) Oksida Sesuai SNI untuk Proteksi Radiasi Sinar-X. *Jurnal Forum Nuklir*, 9(1).
6. Darmawan, Z.T., 2020, Pengaruh Penambahan Fe₃O₄ / Magnesium Terhadap Kemampuan Menyerap Radiasi Gamma Geopolymer Tepung Singkong/Black Carbon/(Fe₃O₄/Mg)/Glyserin, Universitas Hasanuddin.
7. Sutrisno, 2016, Pengaruh Komposit Partikel Ijuk Mesh 100 Menggunakan Karet Terhadap Radiasi Sinar Gamma Dengan Komposisi Ijuk 0 PHR, 15 PHR, 25 PHR, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
8. Kurniawati, L., 2015b, Karakteristik Papan Serat Kulit Jagung dengan Asam Sitrat Sebagai Perekat.
9. Archila, M., Diba, F., Setyawati, D., &

- Nurhaida. (2017). Kualitas Papan Komposit Limbah Kulit Batang Sagu (*Metroxylon sp*) dan Plastik Polipropilena Berdasarkan Jumlah Lapisan Penyusun. *Jurnal TENGGAWANG*, 7, 46–56.
10. Sawir, H., 2018, Papan Komposit Termoset Serat Sabut Kelapa, J. Pembang. Nagari, 2 (2).
11. Mahmuda, E., Savetlana, S., dan Sugiyanto, 2013, Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk dengan Matrik Epoxy, 1, 79–84.
12. B. Maryanti, A. Sonief, (2011). (2011). Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Rekayasa Mesin*, 2(2).
13. Meliana, & Asri, A. (2021). Analisis Pengaruh Ukuran Serat Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit Berbahan Serat Batang Pisang Kepok. *Prisma Fisika*, 9(3), 221–227.
14. Sendawati, I., Asri, A., & Nugroho, S. B. (2022). Analisis Pengaruh Densitas Pada Kualitas Papan Komposit Berbahan Baku Limbah Kayu Jabon dan Serat Bundung (*Scirpus grossus*). *Prisma Fisika*, 10(1), 33–39.
15. Sutanto, T. D., Andika, F. D., Banon, C., & Trihadi, B. (2022). Pengaruh Campuran Cocodust dan Serabut Halus Sabut Kelapa Terhadap Sifat Fisika Papan Partikel. *Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences*, 2(1), 106–111.