

Komposisi Optimal Komposit Serat Rami dan Resin Epoxy Sebagai Alternatif Bahan Perisai Anti-Radiasi Sinar-X

¹Nur Arviyanto Himawan, ¹Tanty Dwi Purwita, ¹Suparno

¹ Pendidikan Fisika, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia
e-mail: arvians21@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan komposit serat rami dan resin epoxy sebagai bahan alternatif perisai anti-radiasi sinar-X. Komposit yang dibuat telah dihitung massa jenisnya, uji tekan, dan uji radiasi sinar X menggunakan alat X-Ray Apparatus 554 800 Leybold. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari beberapa variasi massa rami, komposit dengan rami 12gr merupakan komposisi yang paling optimal dalam menahan radiasi sinar-X. Komposit tersebut memiliki massa jenis sebesar 1 gr/cm^3 dan kuat tekan dalam sebesar 440 kg/cm^2 .

Kata Kunci: komposit, rami, resin, sinar-X

Optimal Composition of Ramie Fiber Composite and Epoxy Resin as an Alternative for X-Ray Anti-Radiation Shielding Materials

Abstract

Research has been carried out on the manufacture of ramie fiber composites and epoxy resin as alternative materials for X-ray anti-radiation shielding. The density of the composites was calculated, the compression test, and the X-ray radiation test using the X-Ray Apparatus 554 800 Leybold. The results showed that from several mass variations of ramie, the composite with 12gr ramie was the most optimal composition to withstand X-ray radiation. The composite has a density of 1 g/cm^3 and an internal compressive strength of 440 kg/cm^2 .

Keywords: composite, ramie, resin, X-ray

How to Cite: Himawan, N.A., Purwita, T.D., & Suparno, S. (2020). Komposisi Optimal Komposit Serat Rami dan Resin Epoxy sebagai Alternatif Bahan Perisai Anti-Radiasi Sinar-X. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, 6(2), 85-90. doi:<http://doi.org/10.25273/jpfk.v6i2.7898>

PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber daya alam sangat efisien digunakan dalam setiap bidang, salah satunya dalam pembuatan bahan campuran atau yang biasa dikenal dengan istilah komposit. Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih jenis bahan yang berbeda (Banowati, Prasetyo, & Gunara, 2017; Purboputro & Hariyanto, 2017). Salah satu jenis komposit yang terus dikembangkan yaitu komposit serat dengan bahan sintesis. Kelebihan dari komposit ini adalah memiliki kekuatan dan spesifikasi yang unggul sesuai kebutuhan berbagai bidang (Saduk & Niron, 2017). Semakin berkembangnya gagasan teknologi hijau (*green technology*) berdampak pada beralihnya penggunaan bahan serat sintesis menjadi serat alam. Hal ini dikarenakan komposit yang menggunakan serat alam merupakan bahan murah, ramah lingkungan, dan memiliki sifat mekanik yang baik (Sullins, Pillay, Komus, & Ning, 2017; Zulkifli & Dharmawan, 2019). Keuntungan lain dari penggunaan serat alam ini adalah mudah diperoleh karena jumlahnya melimpah (Saduk & Niron, 2017). Indonesia yang memiliki keanekaragaman tumbuhan menyimpan banyak potensi untuk terus dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian

mengenai pengembangan komposit serat alam dari berbagai tumbuhan diperlukan untuk dimanfaatkan berbagai bidang.

Inovasi penggunaan komposit serat alam salah satunya sebagai bahan anti-radiasi. Pengembangan bahan perisai radiasi sangat penting dilakukan karena teknologi nuklir banyak dimanfaatkan, terutama di bidang kedokteran. Teknologi nuklir tersebut dimanfaatkan dalam radiologi diagnostik Sinar-X (Abidin, Alkrytania, & Novia Indrajati, 2015). Bahan komposit dapat digunakan sebagai perisai radiasi sinar-X. Beberapa penelitian terdahulu mengenai pengembangan bahan perisai radiasi sinar-X yang pernah dilakukan, antara lain: campuran antara kulit sintetis dengan Timbal Oksida dalam bentuk apron (Abidin et al., 2015), komposit serat Basalt dengan Erbium Oksida (BF/Er₂O₃) (Li et al., 2017), serta perpaduan pasir silika, bubuk kuarsa, limbah besi butiran, dan barit (Tufekci & Gokce, 2018). Komposit-komposit tersebut terbuat dari bahan sintetis yang jumlahnya terbatas serta bahan alam yang tidak dapat diproduksi sendiri.

Serat alam yang ramah lingkungan berpotensi untuk digunakan sebagai alternatif pengganti bahan-bahan tersebut. Terdapat berbagai macam serat di Indonesia, salah satunya yaitu serat rami. Serat rami (*Boehmeria nivea*) merupakan serat yang jumlahnya melimpah di Indonesia, sehingga harganya relatif murah serta dapat diproduksi sendiri dengan cara membudidayakan tumbuhan tersebut. Oleh karena itu, biaya produksinya lebih efisien. Dari berbagai serat alam yang dapat digunakan sebagai bahan komposit, serat rami merupakan salah satu serat yang memiliki sifat fisis dan mekanik yang baik. Serat rami memiliki massa jenis sebesar 1,5 g/cm³, *strain at break* sebesar 2%-3,8%, kuat tarik sebesar 220-938 MPa, dan modulus Young sebesar 44-128 MPa (Koohestani, Darban, Mokhtari, Yilmaz, & Darezereshki, 2019). Hal ini tentu mendukung untuk kekuatan bahan perisai anti radiasi. Serat tersebut dapat dipadukan dengan resin epoxy. Resin epoxy memiliki daya rekat yang baik terhadap bahan lain, sifat kimiawi yang baik, sifat isolasi, serta tahan terhadap degradasi lingkungan dan bahan kimia (Ismadi, Vitasasti, Nurindah, & Kusumah, 2020). Berdasarkan uraian di atas, kombinasi antara serat rami dan resin epoxy diharapkan dapat menghasilkan bahan komposit alternatif sebagai perisai radiasi sinar-X yang baik dengan harga terjangkau.

METODE PENELITIAN

Pembuatan bahan

Serat rami yang digunakan berasal dari daerah D.I. Yogyakarta. Serat rami tersebut dipotong dengan panjang sekitar 1cm. Selanjutnya, serat rami tersebut ditimbang dengan variasi massa 4gr, 8gr, 12gr, 16gr, dan 20gr. Setiap variasi massa kemudian dicampurkan ke dalam resin epoxy sebesar 150gr dan *hardener* sebesar 150gr. Campuran tersebut kemudian diaduk hingga merata. Pengadukan dimaksudkan agar serat tertata secara *multidirectional* (acak), sehingga kekuatan yang dihasilkan dapat merata. Bahan tersebut kemudian dituang ke dalam cetakan berbahan akrilik berukuran 5x5x5 cm untuk uji tekan, dan cetakan berukuran 4x4 cm untuk uji radiasi. Selanjutnya, bahan dibiarkan hingga mengeras pada suhu ruangan dalam waktu 24 jam. Bahan yang sudah mengeras kemudian dikeluarkan dari cetakan untuk dilakukan pengujian. Gambar 1 berikut menyajikan contoh bahan yang siap untuk uji tekan.



Gambar 1 Bahan untuk Uji Tekan

Pengujian Bahan

Pertama, dilakukan perhitungan massa jenis. Massa jenis dihitung dengan cara membagi besar massa (gr) dengan besar volume (cm^3) tiap sampel komposit yang akan digunakan untuk uji tekan. Kedua, dilakukan uji tekan pada setiap variasi bahan di Laboratorium Bahan Bangunan UNY. Uji tekan bertujuan untuk mendapatkan data beban maksimal. Uji tekan dilakukan dengan cara meletakkan beban pada alat, lalu diberi beban hingga bahan tersebut mengalami keretakan. Alat uji tekan ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Alat Uji Tekan

Ketiga, dilakukan uji radiasi Sinar X pada setiap variasi bahan di Laboratorium Fisika Atom Inti UGM. Pengujian dilakukan menggunakan alat X-Ray Apparatus 554 800 Leybold (disajikan pada Gambar 3). Bahan diletakkan pada penampang di dalam alat, lalu ditembakkan sinar-X. Variasi tegangan yang dipilih yaitu 15 kV, 20 kV, 25 kV, 30 kV, dan 35 kV. Selanjutnya, koefisien serap variasi bahan pada tiap tegangan dihitung.



Gambar 3 X-Ray Apparatus 554 800 Leybold

Analisis data radiasi menggunakan persamaan:

$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu d$$

$$\ln I - \ln I_0 = -\mu d$$

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu d$$

dengan

I = intensitas paparan radiasi yang diteruskan (cacah/menit);

I_0 = intensitas paparan radiasi yang datang (cacah/menit)

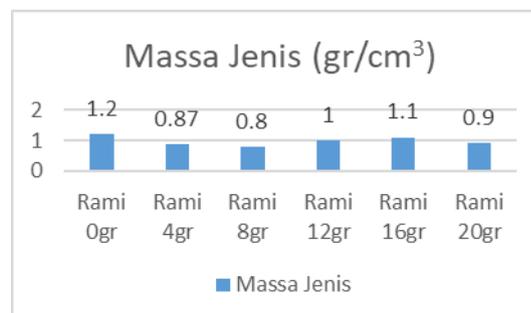
μ = koefisien serap linier bahan pada energi tertentu (cm^2/gr)

d = rapat massa (gr/cm^2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Massa Jenis

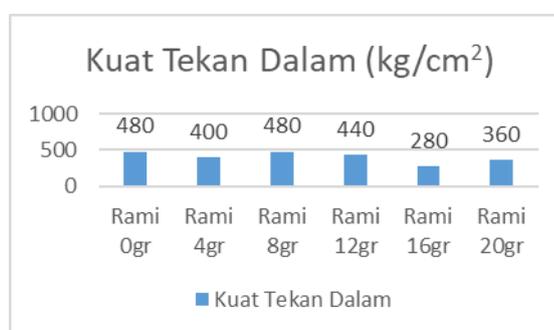
Grafik pada Gambar 4 menunjukkan massa jenis komposit setiap variasi bahan. Terlihat bahwa massa jenis tiap variasi bahan tidak menunjukkan kecenderungan. Bahan resin murni (rami 0 gr) memiliki massa jenis paling besar, yaitu $1,2 \text{ gr}/\text{cm}^3$. Sedangkan komposit dengan komposisi rami 8 gr memiliki massa jenis paling kecil, yaitu $0,8 \text{ gr}/\text{cm}^3$. Secara keseluruhan, bahan resin yang dicampur dengan rami memiliki massa jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan bahan resin murni. Serat rami yang ringan berpengaruh terhadap massa jenis bahan komposit yang dibentuk dengan cetakan berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$. Akan tetapi, setelah bahan mengeras, ukuran akhir tidak membentuk $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$ secara sempurna. Hal ini dikarenakan terjadi penyusutan ketika proses pengerasan berlangsung. Besarnya penyusutan tiap variasi bahan juga berbeda.

Gambar 4 Massa Jenis Komposit Rami (gr/cm^3)

Penelitian terdahulu terkait pengembangan bahan komposit anti radiasi sinar X menunjukkan bahwa massa jenis kulit sintetis dengan timbal oksida sekitar $1,65 \text{ gr/cm}^3$ (Abidin et al., 2015), komposit serat Basalt dengan Erbium Oksida ($\text{BF/Er}_2\text{O}_3$) sekitar $2,1 \text{ gr/cm}^3$ (Li et al., 2017), serta perpaduan pasir silika, bubuk kuarsa, limbah besi butiran dan barit sekitar $2,31\text{-}3,71 \text{ gr/cm}^3$ (Tufekci & Gokce, 2018). Sedangkan serat rami dengan resin epoxy memiliki massa jenis sekitar 1 gr/cm^3 . Massa jenis yang ringan tersebut menjadi keunggulan komposit serat rami dan resin epoxy sebagai bahan alternatif perisai radiasi sinar-X.

2. Hasil Uji Tekan

Berdasarkan grafik beban maksimal pada Gambar 5, didapatkan data bahwa bahan yang memiliki beban maksimal terbesar adalah bahan komposit dengan komposisi rami 8gr, yaitu sebesar 480 kg/cm^2 . Sedangkan bahan yang memiliki beban maksimal terkecil adalah komposit rami 16gr, yaitu 280 kg/cm^2 . Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa beban maksimal pada setiap sampel tidak menunjukkan kecenderungan.



Gambar 5 Kuat Tekan Dalam Komposit Rami

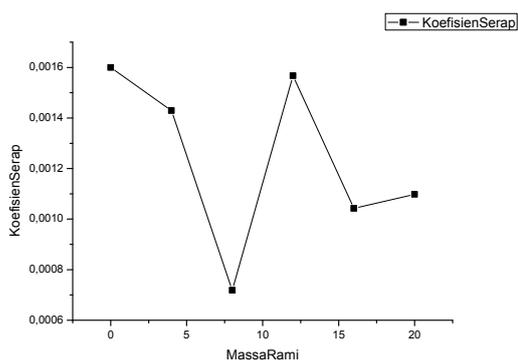
Epoxy memiliki kekentalan yang sangat tinggi saat sudah bercampur dengan serat (Wirawan, Setyabudi, & Widodo, 2017). Hal ini menyulitkan ketika proses pengadukan, sehingga penyebaran serat dalam komposit di tiap sampel kurang merata. Penyebaran yang kurang merata dapat menurunkan kekuatan komposit. Selain itu, konsentrasi serat yang semakin meningkat mengakibatkan ikatan di dalam komposit menjadi tidak sempurna (Hapiz, Doyan, & Sedijani, 2018). Interaksi serat rami dengan resin epoxy akan melemah, sehingga sifat mekanis komposit menjadi turun. Nilai kuat tekan komposit serat rami dengan resin epoxy juga lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Tufekci & Gokce (2018) menunjukkan kuat tekan hingga 200 MPa (sekitar 2039 kg/cm^2) dengan bahan campuran limbah besi butiran.

3. Hasil Uji Radiasi

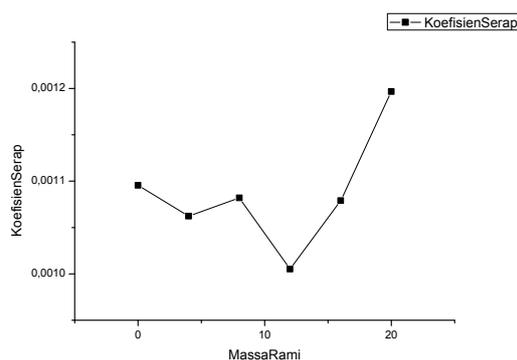
Setiap bahan yang menerima pancaran radiasi sinar-X akan berinteraksi, sehingga sebagian radiasi akan diserap dan sebagian lain akan diteruskan (Abidin et al., 2015). Tabel 1 berikut menunjukkan nilai μ tiap tegangan, sedangkan Gambar 6 hingga Gambar 10 menunjukkan grafik hubungan massa rami dalam komposit dengan koefisien serap pada tiap tegangan.

Tabel 1. Nilai μ tiap tegangan

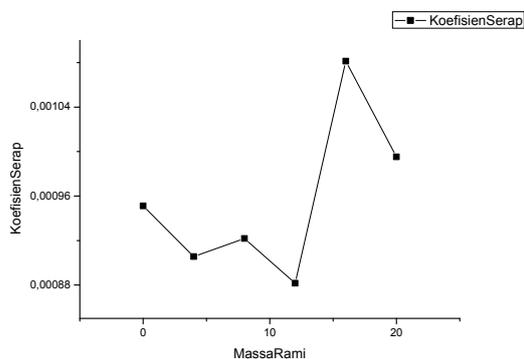
Massa Rami (gr)	μ (cm ² /gr)				
	15 kV	20 kV	25 kV	30 kV	35 kV
0	0.001600	0.001095	0.000951	0.000754	0.000648
4	0.001429	0.001062	0.000905	0.000850	0.000739
8	0.000718	0.001082	0.000921	0.000841	0.000728
12	0.001567	0.001005	0.000881	0.000722	0.000634
16	0.001042	0.001078	0.001081	0.000741	0.000778
20	0.001097	0.001196	0.000995	0.000791	0.000694



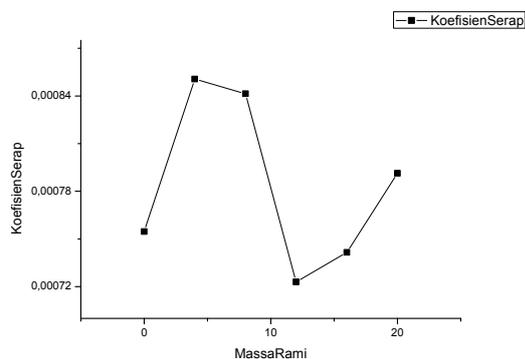
Gambar 6 Tegangan 15 kV



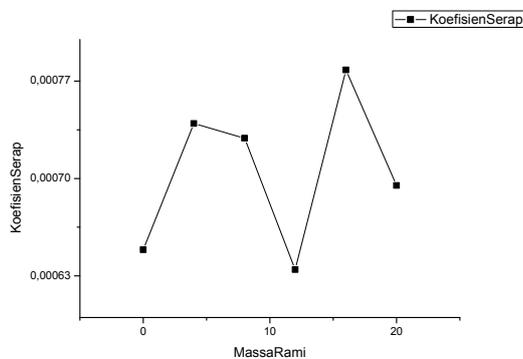
Gambar 7 Tegangan 20 kV



Gambar 8 Tegangan 25 kV



Gambar 9 Tegangan 30 kV



Gambar 10 Tegangan 35kV

Gambar 6 menunjukkan bahwa komposisi komposit dengan rami 8 gr merupakan komposisi optimal dalam menyerap radiasi sinar-X pada tegangan 15kV. Sedangkan Gambar 7 hingga Gambar 10 menunjukkan bahwa komposisi komposit dengan rami 12 gr merupakan komposisi optimal dalam menyerap radiasi pada tegangan 20-35 kV. Berdasarkan grafik pada Gambar 6 hingga Gambar 10, tidak terlihat kecenderungan atau tidak terbentuk pola hubungan linear antara komposisi massa serat rami dalam komposit dengan koefisien serap bahan. Hal ini dapat diakibatkan komposit tidak bekerja secara optimal karena penyebaran serat kurang merata. Oleh karena itu, kemungkinan terdapat bagian-bagian yang tidak terisi serat rami dan menyebabkan bahan mudah tertembus. Selain karena pengadukan yang tidak merata, bentuk serat yang terlalu panjang mengakibatkan serat sulit untuk memenuhi ruang dalam cetakan. Komposisi kedua bahan yang tidak setimbang juga mengakibatkan komposit tersebut tidak bisa bekerja secara optimal. Walaupun demikian, hasil penelitian komposit serat rami dan resin epoxy menunjukkan potensi yang dapat dikembangkan sebagai bahan anti-radiasi sinar-X.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, komposit resin epoxy dengan serat rami dapat menahan radiasi sinar-X secara optimal pada komposisi resin epoxy 300 gr dan rami 12 gr pada tegangan 20-35 kV. Bahan tersebut memiliki massa jenis sebesar 1 gr/cm^3 dan kuat tekan dalam sebesar 440 kg/cm^2 . Oleh karena itu, komposit resin dan serat rami memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai perisai (*shielding*) radiasi sinar-X. Saran untuk penelitian selanjutnya, komposisi resin dan serat rami perlu divariasikan lagi agar mendapatkan komposisi yang paling optimal. Selain itu, perlu diteliti pengaruh variasi penataan serat dan panjang serat rami terhadap daya serap radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Alkrytania, D., & Novia Indrajati, I. (2015). Analisis Bahan Apron Sintetis Dengan Filler Timbal (II) Oksida Sesuai SNI untuk Proteksi Radiasi Sinar-X. *Jurnal Forum Nuklir*, 9(2), 38–43. <https://doi.org/10.17146/jfn.2015.9.1.3562>
- Banowati, L., Prasetyo, W. A., & Gunara, D. M. (2017). Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Orientasi Unidirectional 0° dan 90° pada Struktur Komposit Serat Mendong dengan Menggunakan Epoksi Bakelite Epr 174. *Infomatek*, 19(2), 57–64. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v19i2.627>
- Hapiz, P., Doyan, A., & Sedijani, P. (2018). Uji Mekanik Material Komposit Serat Pinang. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 4(2), 13–22. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v4i2.53>
- Ismadi, Vitasasti, S., Nurindah, & Kusumah, S. S. (2020). Mechanical Properties Investigation of Green Composite from Ramie (*Boehmeria nivea* (L.) Gaud) and Epoxy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 591(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/591/1/012005>
- Koohestani, B., Darban, A. K., Mokhtari, P., Yilmaz, E., & Darezereshki, E. (2019). Comparison of Different Natural Fiber Treatments: a Literature Review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(1), 629–642. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1890-9>
- Li, R., Gu, Y., Zhang, G., Yang, Z., Li, M., & Zhang, Z. (2017). Radiation Shielding Property of Structural Polymer Composite: Continuous Basalt Fiber Reinforced Epoxy Matrix Composite Containing Erbium Oxide. *Composites Science and Technology*, 143, 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2017.03.002>

- Purboputro, P. I., & Hariyanto, A. (2017). Analisis Sifat Tarik dan Impak Komposit Serat Rami dengan Perlakuan Alkali dalam Waktu 2, 4, 6 dan 8 Jam Bermatrik Poliester. *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 18(2), 64–75. <https://doi.org/10.23917/mesin.v18i2.5238>
- Saduk, M., & Niron, F. (2017). Analisis Kekuatan Bending dan Kekuatan Impact Komposit Epoxy Diperkuat Serat Pelepah Lontar. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(3), 121–127. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2017.008.03.1>
- Sullins, T., Pillay, S., Komus, A., & Ning, H. (2017). Hemp Fiber Reinforced Polypropylene Composites: The Effects of Material Treatments. *Composites Part B: Engineering*, 114, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.02.001>
- Tufekci, M. M., & Gokce, A. (2018). Development of Heavyweight High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites (HPFRCC) – Part II: X-Ray and Gamma Radiation Shielding Properties. *Construction and Building Materials*, 163, 326–336. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.086>
- Wirawan, W. A., Setyabudi, S. A., & Widodo, T. D. (2017). Pengaruh Jenis Matrik Terhadap Sifat Tarik pada Natural Fiber Komposit. *Seminar Nasional Teknologi Terapan*, 3(1), 29–34.
- Zulkifli & Dharmawan, I.D. (2019). Analisa Pengaruh Perlakuan Alkalisasi Dan Hydrogen Peroksida Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatriks Epoxy. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 41–46. <https://doi.org/10.30811/jpl.v17i1.844>