

Biokomposit Papan Partikel Diperkuat Serat Alam Sabut kelapa dan Tempurung kelapa dengan Matrik Epoksi

Delovita Ginting^a, Romi Fadli Syahputra^a, Wirdatul Jannah^a

^aDepartment of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Muhammadiyah Riau, Jl. Tuanku Tambusai Kota Pekanbaru, Provinsi Riau 28294, Indonesia
e-mail: delovita@umri.ac.id

Kata kunci:

Sabut kelapa;
Tempurung kelapa;
Biokomposit Papan
Partikel; Pengisi
Serat Alam

ABSTRAK

Papan partikel serat alami (biokomposit) dapat dijadikan alternatif pengganti material konvensional karena ramah lingkungan, sumber terbarukan dan sifatnya yang dapat terurai secara alami. Penelitian ini menyajikan studi tentang karakterisasi mekanik dan fisis papan partikel polimer diperkuat serat alam yaitu sabut kelapa dan tempurung kelapa. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah jumlah fraksi matriks yaitu resin epoksi. Variabel fraksi massa penyusun papan partikel dalam penelitian ini yaitu sabut kelapa:tempurung kelapa :epoksi adalah PP1 (30:0:70), PP2 (22,5:7,5:70), PP3 (15:15:70), PP4 (7,5:22,5:70), dan PP5 (0:30:70). Papan partikel diuji kelenturannya menggunakan mesin Universal Testing Machine mengacu pada ASTM D 7-90-03, ketangguhan impak sampel menggunakan mesin Impact Tester mengacu pada ASTM D 6110. Sampel diuji kerapatan dan pengembangan tebalnya mengacu SNI 03-2105-2006. Hasil pengujian sampel menunjukkan nilai kerapatan optimum pada sampel PP3 yaitu sebesar 1,05 g/cm³ dengan sampel diperkuat sabut kelapa dan tempurung kelapa. Hasil pengujian nilai uji ketangguhan impak optimum pada sampel PP5 yaitu sebesar 3.20 J/cm² dan hasil pengujian nilai uji kuat lentur optimum pada sampel PP5 yaitu 382,29 Kgf/cm² dengan sampel diperkuat tempurung kelapa.

ABSTRACT

Natural fiber particle board (bio composite) can be used as an alternative to conventional materials because it is environmentally friendly, a renewable source and is naturally biodegradable. This research presents a study on the mechanical and physical characterization of natural fiber reinforced polymer particle board, namely coconut coir and coconut shell. The fixed variable in this study was the number of matrix fractions, namely epoch resin. The variable mass fraction of the particle board in this study was coconut coir: coconut shell: epoxy was PP1 (30:0:70), PP2 (22,5:7,5:70), PP3 (15:15:70), PP4 (7,5:22,5:70), and PP5 (0:30:70). Particle board was tested for flexibility using the Universal Testing Machine referring to ASTM D 7-90-03, the impact toughness of the samples using the Impact Tester machine referring to ASTM D 6110. The samples were tested for density and thickness expansion referring to SNI 03-2105-2006. The results of the sample testing showed that the optimum density value for the PP3 sample was 1.05 g/cm³ for the reinforced coconut coir and coconut shell samples. The test results for the optimum impact toughness test value on the PP5 sample were 3.20 J/cm² and the test results for the optimum flexural strength test value on the PP5 sample were 382.29 Kgf/cm² with the coconut shell reinforced sample.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan global tentang pembuatan papan partikel berkelanjutan sangatlah cepat dan menjadi prioritas. Pengembangan papan partikel dengan biaya lebih rendah didominasi oleh pemanfaatan bahan yang dapat terurai secara alami. Biokomposit setidaknya mengandung satu dari komponen (matrik atau penguat) yang diperoleh dari sumber daya alam [1] [2]. Serat alami memiliki sifat ringan dan tidak mahal

dibandingkan dengan serat sintetis. Serat alami memiliki ketangguhan tinggi, mengurangi keausan alat, sifat insulasi yang baik, mengurangi bahaya kesehatan manusia, meningkatkan pemulihan energi, mudah didaur ulang, dan biodegradabilitas [3]. Papan partikel polimer yang diperkuat serat alam telah menjadi alternatif papan partikel karena sifatnya yang ringan, perilaku deformasi yang dapat disesuaikan dan tahan korosi. Papan partikel serat alam telah banyak digunakan di berbagai aplikasi seperti pada komponen otomotif, industri *furniture*, dan medis [4]. Papan partikel diperkuat serat alam yang telah banyak diteliti sebelumnya adalah dengan menggunakan serat alam diantaranya adalah serat kenaf, sisal, rami, serat pisang dan masih banyak penelitian lain yang menggunakan serat alam [5] [6] [7][8].

Kelapa merupakan limbah agrarian yang dihasilkan dari produksi pembuatan minyak kelapa yang jumlahnya cukup besar di Indonesia. Limbah kelapa tersebut diantaranya adalah sabut kelapa atau ijuk dan tempurung kelapa [9]. Karakterisasi serat sabut kelapa merupakan serat yang diperoleh dari alam, dapat terurai secara alami, sumberdaya terbarukan, tidak menimbulkan bau, dapat meredam suara dan sapa menurunkan konduktivitas panas material. Serat sabut kelapa juga ringan dan kuat karena mengandung lignoselulosa yang tinggi [10]. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tetapi tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa. Serbuk tempurung kelapa merupakan bahan yang melimpah, murah dan ramah lingkungan yang telah digunakan sebagai bahan pengisi papan partikel polimer [11]. Serbuk tempurung kelapa dapat memperkuat antarmuka matrik dan mendukung stres transfer dari matrik, meningkat kekuatan tarik, dan modulus papan partikel [12].

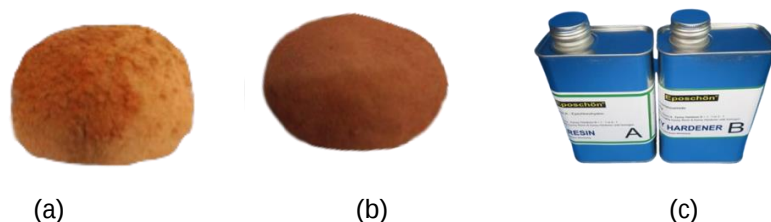
Matrik yang paling banyak digunakan sebagai perekat dalam pembuatan papan partikel berpenguat serat alam adalah epoksi [13]. Epoksi merupakan polimer termoplastik, epoksi memiliki viskositas dan titik leleh yang dapat memperkuat sifat mekanik papan partikel untuk mencegah retakan. Hal ini berhubungan dengan pemilihan metode dalam pembuatan papan partikel. Saat papan partikel dipanaskan dengan menggunakan metode tekan panas matrik epoksi memberikan ikatan yang kuat dengan pengisi serat alam sehingga memperbaiki retakan mikro pada [14].

Penelitian ini akan memanfaatkan limbah kelapa yaitu sabut dan tempurung kelapa sebagai penguat papan partikel dengan menggunakan matrik epoksi sebagai perekat. Proses kompaksi papan partikel dilakukan dengan menggunakan mesin kompaksi *Hot Press*. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh komposisi pengisi sabut dan tempurung kelapa pada karakterisasi fisis dan mekanis papan partikel.

2. METODE

2.1 Material

Serbuk sabut kelapa diperoleh dari CV Teknologi sebagai penguat (*filler*) papan partikel, serbuk tempurung kelapa diperoleh dari petani kelapa di kota Pekanbaru Provinsi Riau sebagai penguat (*filler*) papan partikel. Matrik pada komposit ini menggunakan resin epoksi dan Hardener, jenis matrik yang digunakan adalah epoxy EPH 555 A dan Hardener B. Bahan penyusun papan partikel pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bahan Penyusun Papan partikel (a) Serbuk tempurung kelapa (b) Serbuk sabut kelapa (c) Epoxy EPH 555 dan Hardener

2.2 Preparasi Serbuk Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa dibersihkan hingga tidak terdapat lagi sabut pada tempurung, selanjutnya tempurung dikeringkan dengan cara dijemur dengan sinar matahari langsung dan dipotong atau dipecahkan kecil-kecil untuk mempermudah proses penggilingan. Potongan tempurung kemudian

digiling menggunakan *disk mill*. Tempurung kelapa yang sudah digiling dan menjadi serbuk kemudian diayak sampai tempurung kelapa lolos ayakan 100 mesh dengan ukuran serbuk diantara 0.125-0.149 mm.

2.3 Preparasi Serbuk Sabut Kelapa

Serbuk sabut kelapa diperoleh dari CV Teknologi Serbaguna kemudian diayak sehingga serbuk sabut kelapa lolos ayakan 60 mesh dengan ukuran serbuk adalah 0.250-0.210 mm, serbuk sabut kelapa yang lolos ayakan dapat dilihat pada Gambar 1(b), serbuk sabut kelapa yang diperoleh dari CV Teknologi Serbaguna dalam keadaan basah dan kadar air mencapai 40% sehingga perlu dijemur terlebih dahulu dibawah sinar matahari sampai kadar air serbuk sabut kelapa dibawah 10% dengan menggunakan alat grain moisture meter.

2.4 Fabrikasi Papan Partikel

Variasi komposisi papan partikel yaitu sabut kelapa:tempurung kelapa:epoksi adalah PP1 (30:0:70), PP2 (22,5:7,5:70), PP3 (15:15:70), PP4 (7,5:22,5:70), dan PP5 (0:30:70). Papan partikel yang dibuat merupakan papan partikel (composite particulate) dengan mencampurkan bahan baku dengan menggunakan mixer dengan kecepatan 200 rpm selama 10 menit. Bahan baku yang sudah tercampur kemudian disalin ke *Moulding* atau cetakan besi berukuran 20x15x2 cm untuk dilanjutkan dengan proses kompaksi dengan menggunakan mesin kompaksi *hot press* dengan tekanan 1 MPa dan waktu penahanan 5 menit kemudian tekanan ditambah menjadi 2 MPa dan waktu penahanan 10 menit jadi total tekanan 2 MPa dengan waktu penahanan selama 15 menit, dan menggunakan suhu konstan 125 °C. Papan partikel setelah dikeluarkan dari moulding dikondisikan selama 7 hari. Proses fabrikasi papan partikel dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Fabrikasi Papan partikel (a)Pengadukan Material (b) Pencetakan Material (c) Pengempaan Material (d) Papan partikel

2.5 Pengujian Kerapatan Papan Partikel

Pengujian kerapatan menggunakan acuan standar SNI 03-2105-2006 [15] dan pengujian kerapatan papan partikel dilakukan pada kondisi kering udara kemudian ditimbang massanya dengan spesimen uji 10 cm x 10 cm, ketebalan sampel pada penelitian ini 1,02-1,05 cm. Selanjutnya diukur panjang rata-rata dengan dua titik pengukuran, dan arah lebar dua titik pengukuran dan tebalnya dengan empat titik pengukuran untuk menentukan volume spesimen uji kerapatan. Nilai kerapatan papan partikel dihitung dengan persamaan:

$$K = \frac{B}{I} \quad (1)$$

Keterangan:

K = kerapatan (g/cm³)

B = berat (g)

I = volume contoh uji (cm³)

2.6 Pengujian Pengembangan Tebal Papan Partikel

Pengujian pengembangan tebal menggunakan acuan standar SNI 03-2105-2006 [15]. Uji ini berhubungan dengan uji daya serap air, dengan ukuran spesimen 5 cm x 5 cm. Papan partikel yang telah

terbentuk kemudian direndam dalam air selama 24 jam. Sehingga dapat dihitung pengembangan tebal papan partikel yang menyerap air. Nilai pengembangan tebal papan partikel dihitung dengan persamaan:

$$\text{Pengembangan Tebal (\%)} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:

T_1 = Tebal Awal (mm)

T_2 = Tebal setelah perendaman (mm)

2.7 Pengujian Kuat Lentur Papan Partikel

Uji kuat lentur untuk menentukan kekuatan atau tegangan lengkung, lenturan atau defleksi dan elastisitas. Uji kuat lentur mengacu pada ASTM D 790-03 dengan ukuran spesimen 20 cm × 1,27 cm [16]. Tahapan pengujian ini dilakukan pada saat bahan menerima beban hingga mengalami perubahan bentuk (deformasi) dari elastis menjadi plastis hingga akhirnya bahan mengalami kerusakan (patah). Pengujian lentur dilakukan menggunakan mesin Universal Testing Machine. Kekuatan lentur adalah kemampuan material untuk menahan gaya lentur yang diberikan dengan arah tegak lurus terhadap penampang sampel. Biasanya kuat lentur sampel uji dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3)$$

Keterangan :

σ_b : kekuatan bending (Kgf/cm²)

P : beban yang diberikan (Kgf)

L : jarak sangga (cm)

b : lebar spesimen (cm)

d : tebal sampel (cm).

2.8 Pengujian Uji Ketangguhan Impak Papan Partikel

Pengujian ketangguhan impak mengacu pada ASTM D 6110 [17]. Uji ketangguhan impak bertujuan untuk mengetahui ketangguhan papan partikel terhadap benturan beban hingga patah. Pengujian ini menggunakan metode *charpy* dan alat *impact tester* diberikan perlakuan gaya sebesar 150 Joule. Sebelum melakukan pengujian ketangguhan impak sampel terlebih dahulu dibentuk sesuai standar pengujian yaitu 12,4 cm × 1,26 cm. Nilai ketangguhan impak spesimen uji sesuai dengan ASTM D 6110 dapat dihitung dengan persamaan:

$$HI = E_{\text{Serap}} \cdot A_0 \quad (4)$$

Keterangan :

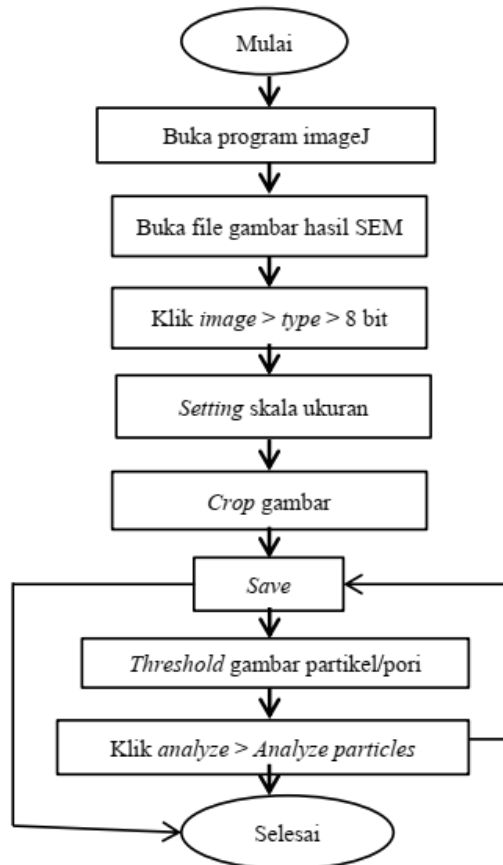
E_{Serap} = Energi yang diserap spesimen uji (Joule)

A_0 = Luas penampang spesimen (mm²)

HI = Harga Impak/Ketangguhan Impak (Joule/mm²)

2.9 Uji Morfologi SEM (Scanning Electron Microscope)

Uji SEM dilakukan untuk melihat struktur mikrografi permukaan dari sampel. Sampel yang diuji adalah sampel PP1, PP3 dan PP5 dengan perbesaran 500. Gambar SEM dianalisa menggunakan software *image J* untuk melihat persentase jumlah rongga yang ada pada papan partikel. *Flowchart* tahapan analisis mikrografi SEM genteng polimer dengan software *image J* dapat dilihat pada Gambar 3 [18].



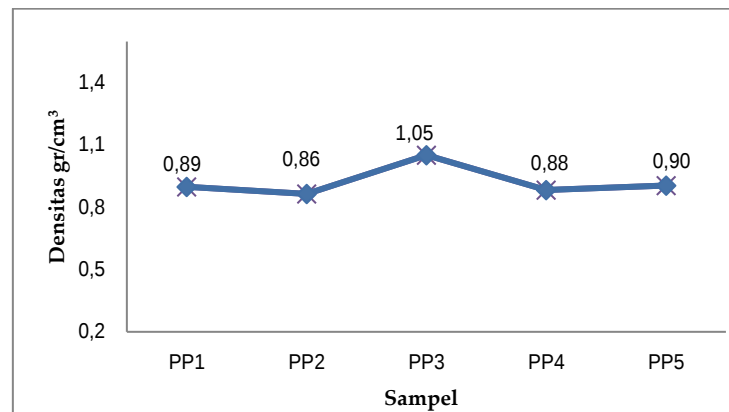
Gambar 3. Flowchart tahapan analisis mikrofografi SEM genteng polimer dengan Software ImageJ

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Kerapatan Papan Partikel

Hasil pengukuran kerapatan papan partikel pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai kerapatan yang dihasilkan 0,86 g/cm³- 1,05 g/cm³. Nilai kerapatan terendah pada sampel PP2 dengan nilai 0,86 g/cm³. Sedangkan nilai kerapatan tertinggi terdapat pada sampel PP3 dengan nilai kerapatan 1,05 g/cm³ yaitu komposisi serbuk sabut kelapa dan serbuk tempurung kelapa sebanding. Sampel PP2 memiliki nilai kerapatan terendah dikarenakan jumlah persentase serbuk tempurung kelapa lebih sedikit. Sampel PP3 mempunyai kerapatan tertinggi diantara sampel lain, di mana variasi massa komposisi filler sampel 3 yaitu 50% : 50%, di mana sabut kelapa lolos ayakan 60 mesh artinya rata-rata partikel berdiameter 0,25 mm sedangkan serbuk tempurung kelapa rata-rata partikel berdiameter 0,177 mm. Pengaruh rata-rata diameter serat pada kekuatan papan partikel ditemukan sangat besar terhadap kepadatan papan partikel [19]. Ukuran partikel yang lebih kecil lebih meminimalkan ruang kosong saat proses pemadatan, menghasilkan papan partikel dengan fraksi volume yang lebih kecil sehingga papan partikel menjadi lebih padat atau memiliki kerapatan tinggi [20].

Hasil penelitian ini mempunyai nilai kerapatan berkisar 0,8 gr/cm³ sampai 1,05 gr/cm³ dan dapat dikategorikan ke dalam papan partikel berkerapatan tinggi atau (*high density particle board*) dimana nilai kerapatan papan lebih dari 0,8 gr/cm³. Berdasarkan SNI 03-2105-2006 menjelaskan bahwa kerapatan papan partikel yaitu 0,4 g/cm³ – 0,9 g/cm³, maka dari hasil penelitian papan partikel yang didapatkan sudah memenuhi standar mutu yang ditetapkan.



Gambar 4 Hasil Pengujian Densitas Papan Partikel

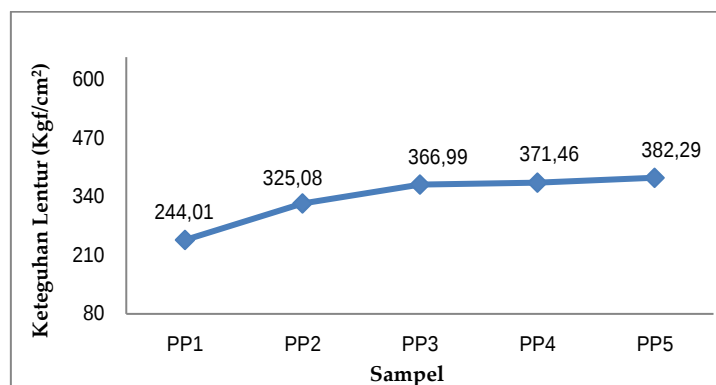
3.2 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal Papan Partikel

Karakteristik papan partikel yang tinggi terhadap penyerapan air dianggap sebagai kelemahan utama dari papan partikel berbasis serat alam. Papan partikel ini rentan terhadap penyerapan air yang cukup besar karena sifat hidrofilik serat yang dapat mempengaruhi penurunan kinerja kekuatan mekanis. Kehadiran hemi-selulosa meningkatkan kapasitas pembengkakan dari papan partikel serat alam yang membuat mereka tidak cocok untuk aplikasi luar ruangan [21]. Pengujian pengembangan tebal dilakukan untuk mengetahui persentase air setelah sampel direndam selama 24 jam. Sampel pada penelitian ini memiliki tebal berkisar antara 0,8 cm – 1,05 cm. Hasil pengujian menunjukkan tidak adanya pengembangan tebal sampel setelah direndam air pada suhu 25°C selama 24 jam dengan kata lain persentase pengembangan tebalnya yaitu 0% atau tidak ada penambahan tebal sama sekali. Hal tersebut karena matrik epoksi memiliki sifat kedap air dan epoksi juga sering digunakan sebagai pelindung papan partikel dari air. Papan partikel serat alam pada umumnya menggunakan matrik polimer termoset seperti matrik epoksi. Matrik epoksi memiliki keunggulan sifat mekanik, sifat kimia, ketahanan korosi, dimensi dan stabilitas termal yang baik [22]. Penelitian ini juga menggunakan fraksi massa epoksi sebanyak 70% sehingga papan partikel dapat dikategorikan papan partikel polimer. Papan partikel polimer memiliki sifat yang tahan air dan bersifat isolator. Matrik polimer menjadi pilihan karena kekakuan yang baik, stabilitas dimensi, dan ketahanan kimia yang tinggi [23].

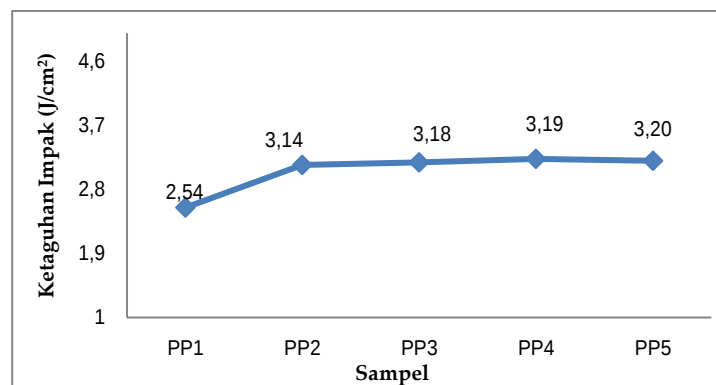
3.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur dan Ketangguhan Impak Papan Partikel

Pengujian kuat lentur dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan papan partikel terhadap pembebanan yang diberikan sesuai standar ASTM D-790. Pengujian ini juga untuk mengetahui elastisitas suatu bahan. Pada bagian atas sampel yang dibebani akan terjadi kompresi, sedangkan bagian bawah sampel akan terjadi tarikan. Pada pengujian ini sampel uji diberikan pembebanan yang arahnya tegak lurus terhadap sampel. Pada Gambar 5 memperlihatkan kuat lentur dari papan partikel berkisar antara 244,01 Kgf/cm²– 382,29 Kgf/cm². Nilai kuat lentur papan partikel terendah adalah sampel PP1 yaitu 244,01 Kgf/cm², sedangkan nilai kuat lentur tertinggi didapatkan pada sampel 5 yaitu 382,29 Kgf/cm². Uji ketangguhan impact bertujuan untuk mengetahui ketangguhan papan partikel terhadap benturan beban hingga patah. Dari Gambar 6 memperlihatkan ketangguhan impact tertinggi yaitu pada sampel PP5 yaitu sebesar 3,20 J/cm². Sedangkan nilai terendah pada sampel PP1 dengan nilai uji impact 2,54 J/cm². Hasil pengujian sifat mekanis penelitian ini menunjukkan hasil optimum terdapat pada sampel PP5 dengan variasi komposisi *filler* 0% serbuk sabut kelapa dan 100% serbuk tempurung kelapa. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa kekuatan lentur serbuk tempurung kelapa berkisar 47,62-58,42 Kgf/cm² sedangkan serbuk sabut kelapa berkisar 26,00-30,59 Kgf/cm². Kekuatan lentur dari material penyusun papan partikel mempengaruhi nilai kekuatan mekanik papan partikel, diketahui dari penelitian sebelumnya nilai kuat lentur serbuk tempurung kelapa lebih besar jika dibandingkan dengan serbuk sabut kelapa [24,25,26].

Tampak pada Gambar 5 dan Gambar 6 bahwa *trend* nilai kuat lentur dan ketangguhan impact meningkat dengan bertambahnya jumlah fraksi serbuk tempurung kelapa. Hal ini dapat disebabkan oleh ukuran partikel serbuk tempurung kelapa lebih kecil dibandingkan dengan serbuk sabut kelapa. Penelitian sebelumnya mencatat pengaruh nano filler tandan kosong kelapa terhadap serat alami kenaf dalam bentuk tikar non woven dengan papan partikel epoksi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penambahan nano filler tandan kosong kelapa dengan papan partikel epoksi kenaf meningkatkan kekuatan tarik dibandingkan dengan papan partikel epoksi kenaf dengan ukuran partikel lebih besar karena meminimalkan ruang bebas oleh pengisi nano. Hasil penelitian sebelumnya juga menyatakan ukuran nano partikel filler dapat meningkatkan kekuatan impact papan partikel hibrida pengisi meningkat sebesar 28,3% [27].



Gambar 5 Hasil Pengujian Keteguhan Lentur Papan Partikel



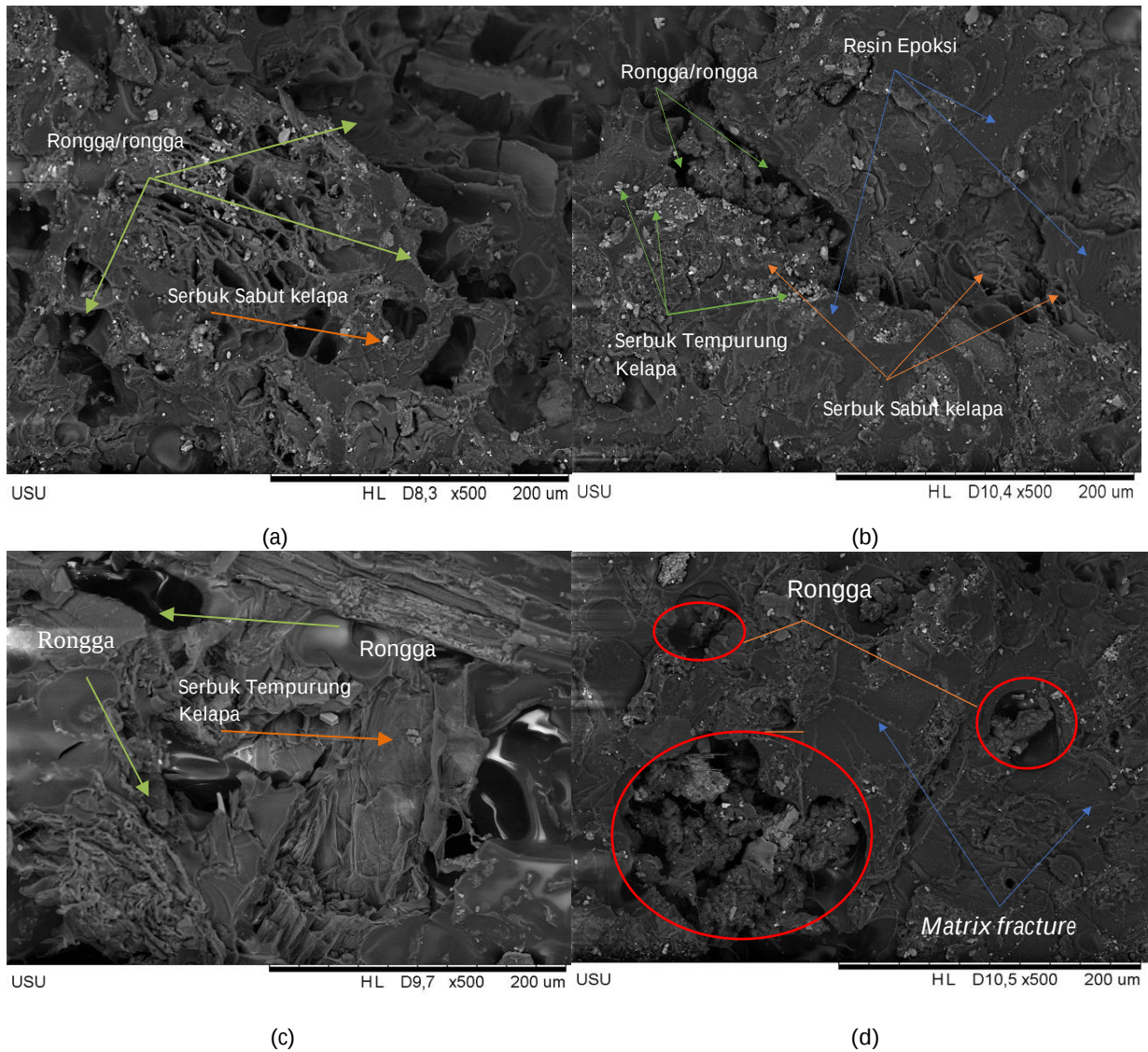
Gambar 6 Hasil Pengujian Ketangguhan Impact Papan Partikel

3.4 Hasil Pengujian Morfologi Papan Partikel

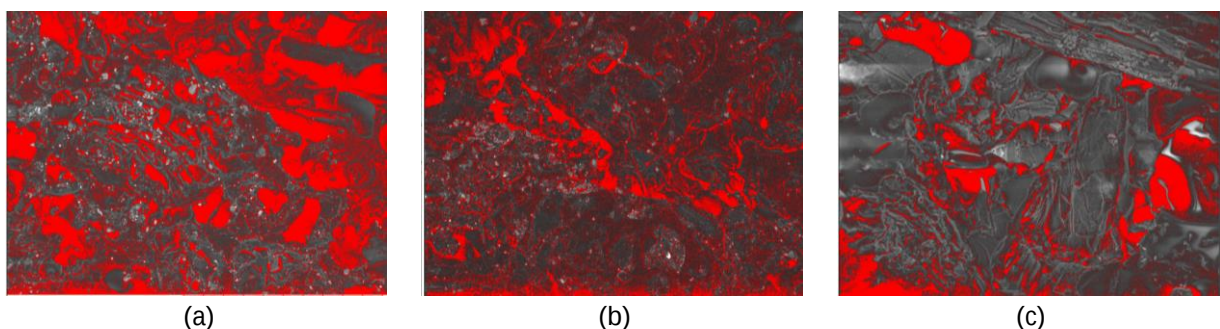
Uji SEM dilakukan untuk melihat struktur morfologi permukaan dari sampel papan partikel. Mikrografi permukaan papan partikel dapat dilihat pada Gambar 7, hasil pencitraan menunjukkan serbuk tempurung kelapa terdispersi di permukaan ditunjukkan dengan titik putih dan serbuk sabut kelapa ditunjukkan dengan titik coklat, sedangkan resin epoksi ditunjukkan dengan permukaan yang berwarna gelap dan licin. Pada gambar 7(b) merupakan citra mikrografi untuk sampel PP1 memperlihatkan sampel memiliki jumlah rongga lebih banyak diantara sampel PP3 Gambar 7(a) dan PP5 Gambar 7(c). Untuk mengetahui jumlah rongga pada penelitian ini hasil citra SEM sampel PP1, PP3, dan PP5 dianalisis menggunakan *software Image J*. Hasil analisis memperlihatkan bahwa jumlah rongga PP1 sebanyak 36.89 %, rongga sampel PP3 sebanyak 24.08% dan sampel PP5 sebanyak 16.47% dapat dilihat pada Tabel 1 dan area rongga sampel hasil analisis *Image J* dapat dilihat pada Gambar 8 dengan area rongga ditandai warna merah. Jumlah rongga dapat mempengaruhi nilai densitas sampel PP1 yang memiliki nilai densitas lebih rendah dari sampel PP3 dan sampel PP5 [28].

Jumlah rongga juga mempengaruhi sifat mekanis sampel diketahui kuat lentur dan ketangguhan impact sampel PP1 paling rendah diantara semua sampel hal ini disebabkan keberadaan rongga menyebabkan kegagalan tegak lurus atau kegagalan geser dari serat dan ini menunjukkan bahwa kekuatan

ikatan antarmuka yang tinggi, ini terlihat jelas dari bentuk *fracture* sampel PP1 yang dapat dilihat pada Gambar 7(d). Selain itu ruang bebas atau rongga dapat memicu patahan karena ikatan mekanik yaitu mekanisme penguncian (*interlocking*) antara matrik dan *filler* semakin lemah saat sampel terkena gaya mekanis sehingga menurunkan sifat mekanis [28].



Gambar 6 Hasil Pencitraan Mikrografi Permukaan Papan Partikel (a) Perbesaran 500x Sampel PP1 (b) Perbesaran 500x Sampel PP3 (c) Perbesaran 500x Sampel PP5 (d) Perbesaran 500x (Titik 2) Sampel PP1



Gambar 7 Hasil Analisisi Citra SEM (a) Sampel PP1, (b) Sampel PP3, dan (c) Sampel PP5

Tabel 1. Hasil Analisis Rongga Citra SEM Permukaan Sampel Papan Partikel menggunakan *Image J*

Sampel	Area_image	%Area_rongga
PP1	46.062	36.89
PP3	46.062	24.08
PP5	46.062	16.47

5. KESIMPULAN

Penelitian ini melaporkan keberhasilan pembuatan biokomposit papan partikel dengan menggunakan serat sabut kelapa dan tempurung kelapa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat fisis papan partikel optimum pada penggabungan kedua pengisi dengan perbandingan sama yaitu sampel PP3 hal ini dapat disebabkan oleh ukuran partikel serbuk tempurung kelapa lebih kecil dibandingkan dengan serbuk sabut kelapa. Sedangkan kekuatan mekanis sampel papan partikel optimum pada sampel PP5 yaitu sampel diperkuat tempurung kelapa dengan nilai kuat lentur optimum 382,29 Kg/cm² dan nilai ketangguhan impak optimum 3,20 J/cm², hal ini dapat dikarenakan oleh kekuatan mekanik serbuk tempurung kelapa lebih tinggi jika dibandingkan serbuk serabut kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] William T. Y. Tze, Douglas J. Gardner, Carl P. Tripp, Shane C. O'Neill. "Cellulose fiber/polymer adhesion: effects of fiber/matrix interfacial chemistry on the micromechanics of the interphase," *Journal of Adhesion Science and Technology*, vol.20 , no.15 , pp. 1649-1668, 2006. doi.org/10.1163/156856106779024427
- [2] K Palani Kumar, D Keshavan , Elango Natarajan , Arvind Narayan, K Ashok Kumar, M Deepak, Lidio Inacio Freitas. "Evaluation of mechanical properties of coconut flower cover fibre-reinforced polymer composites for industrial applications," *Progress in Rubber, Plastics and Recycling*, vol.37 , no.1 , pp. 3-18, 2021. doi.org/10.1177/1477760619895011
- [3] R.Muthuraj, M.Misra, A.K.Mohanty, "Biocomposites Design and Mechanical Performance," 2015.
- [4] Olgun Güven, Sergio N. Monteiro, Esperidiana A. B. Moura & Jaroslaw W. Drelich. "Re-Emerging Field of Lignocellulosic Fiber – Polymer Composites and Ionizing Radiation Technology in their Formulation," *Polymer Reviews*, vol.56, no.4 , pp. 702-736, 2016. doi.org/10.1080/15583724.2016.1176037
- [5] Delovita Ginting, Rekan Nuansa Fitri. "Efek Sintesis Silane Coupling Agent pada Sifat Fisis dan Mekanis Papan partikel dengan Pengisi Serbuk Kenaf dan matrik Epoksi," *Jurnal Fisika dan Terpannya*, vol.8 , no.2 , 40-47, 2021. doi.org/10.24252/jft.v8i2.25316
- [6] R. Siv, B. Kesavaram, J. Jones Martin, G. Mathiselvan, Kaja Bantha Navas, M. Sangeetha. "Mechanical behavior of sisal and banana fiber reinforced hybrid epoxy composites," *Proceedings : Materials Today*, 2021, vol.44 , pp. 3692-3696. doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.805
- [7] Siva, Shyam Sundar Reddy Nemali, Siva Kishore kunchapu, K. Gokul, T. Arun kumar. "Comparison of Mechanical Properties and Water Absorption Test on Injection Molding and Extrusion - Injection Molding Thermoplastic Hemp Fiber Composite," *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol.47 , pp. 4382-4386. doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.189
- [8] T. Srinivasan, G. Suresh, Karjala Santhoshpriya , C.T. Chidambaram, K.R. Vijayakumar, A. Abdul Munaf. "Experimental analysis on mechanical properties of banana fibre/epoxy (particulate) reinforced composite," *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol.45 , pp. 1285-1289. doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.103
- [9] Statistik, Badan Pusat. *Statistik Kelapa Indonesia 2021*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2022.
- [10] Abraham, Akhila Rajan T. Emilia. "Coir Fiber–Process and Opportunities," *Journal of Natural Fibers*, vol.4 , no.1 , pp. 29-41, 2015. doi.org/10.1300/J395v04n01_01
- [11] J. Olumuyiwa Agunsoye, Talabi S. Isaac, Sanni O. Samuel. "Study of Mechanical Behaviour of Coconut Shell Reinforced Polymer Matrix Composite," *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, vol.11 , no.8 , pp. 774-779. 2012. doi.org/10.4236/jmmce.2012.118065

- [12] L.S Kuburi, M. Dauda, D.O Obada, S. Umaru, D. Dodoo Asrhin, I. Iliyasu, M.B Balogun, S.Mutapha. "Effects of Coir Fiber Loading on the Physio-mechanical and Morphological Properties of Coconut Shell Powder Filled Low Density Polyethylene Composites," *Procedia Manufacturing*, 2017, vol.7 , pp. 138-144. doi.org/10.1016/j.promfg.2016.12.036
- [13] Bai, Jiping. "Advanced fibre-reinforced polymer (FRP) composites for structural applications,". Cambridge: woodhead publishing, 2013.
- [14] Ajith Gopinath, SenthilKumar M , Avinash Babu. "Evaluation of Mechanical Properties and Microstructure of Polyester and Epoxy Matrik Matrices Reinforced with Jute, E-glass and coconut Fiber." *Material Today : Proceeding*, vol.5, no.9 , pp. 20092–20103 2018,. doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.376
- [15] Nasional, Badan Standardisasi. *Papan Partikel*. 2006.
- [16] ASTM, *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials D 790–03*. 2003,
- [17] ASTM, *Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics 6110–10*. 2010,
- [18] Ginting, Delovita, Romi Fadli Syahputra, and Suci Ramadhani, "Physical and Mechanical Characteristics of Polymeric Rooftile Added with Sisal Fibers as Fillers," *Journal of Aceh Physics Society* vol.12.no.1, pp21-26. 2023. <https://doi.org/10.24815/jacps.v12i1.29035>
- [19] Fu, S.Y., Lauke, B., Mader, E., Yue, C. Y. and Hu, X. "Tensile properties of short-glass-fiber-and short-carbon-fiber-reinforced polypropylene composites," *Applied Science and manufacturing*, vol.31 ,no.10 , pp. 1117-1125, 2000. doi.org/10.1016/S1359-835X(00)00068-3
- [20] N. Saba, M.T. Paridah , K. Abdan , N.A. Ibrahim. "Dynamic mechanical properties of oil palm nano filler/kenaf/epoxy hybrid nano composites," *Construction and Building Materials*, vol.1787 , no.1 , pp. 133-138. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.059>
- [21] Praveenkumara Jagadeesh, Madhu Puttegowda, Pawinee Boonyasopon, Sanjay Mavinkere Rangappa, Anish Khan, Suchart Siengchin "Recent developments and challenges in natural fiber composites: A review," *Polymer Composites*, vol.43 , no.5 , pp. 2545-2561, 2022. doi.org/10.1002/pc.26619
- [22] V Fiore, A Valenza. *Advanced fibre-reinforced polymer (FRP) composites for structural applications: 5. Epoxy matrik as a matrix material in advanced fiber-reinforced polymer (FRP) composites*, 2013. doi.org/10.1533/9780857098641.1.88
- [23] Hua Ren, Jianzhong Sun, Qian Zhao, Qiyun Zhou, Qincal Ling. "Synthesis and characterization of a novel heat resistant epoxy matrik based on N,N'-bis(5-hydroxy-1-naphthyl)pyromellitic diimide." *Polymer*, bol.49, n024, pp. 5249-5253, 2008. doi.org/10.1016/j.polymer.2008.09.047
- [24] HPS, Abdul Khalil, HPS, A. K., Masri, M., Saurabh, C. K., Fazita, M. R. N., Azniwati, A. A., Aprilia, N. S., & Dungani, R, "Incorporation of coconut shell based nanoparticles in kenaf/coconut fibres reinforced vinyl ester composites," *Materials Research Express*, vol 4, no , pp.035020, 2017.
- [25] Chakravarthy, PR Kalyana, Janani, R., Ilango, T., & Dharani, K. "Properties of concrete partially replaced with coconut shell as coarse aggregate and steel fibres in addition to its concrete volume," *IOP conference series: materials science and engineering*. Vol. 183. No. 1, pp. 012028, IOP Publishing, 2017.
- [26] Rumbayan, Rilya, and Adriana Ticoalu, "A study into flexural, compressive and tensile strength of coir-concrete as sustainable building material," *MATEC Web of Conferences*. Vol. 258. EDP Sciences, 2019. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201925801011>
- [27] N. Saba, M.T. Paridah , K. Abdan , N.A. Ibrahim, , "Effect of oil palm nano filler on mechanical and morphological properties of kenaf reinforced epoxy composites." *Construction and Building Materials*, vol.123, pp. 5–26, 2016. doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.06.131
- [28] MehdiKhani, Mahoor, Gorbatikh, L., Verpoest, I., & Lomov, S. V, "Voids in fiber-reinforced polymer composites: A review on their formation, characteristics, and effects on mechanical performance." *Journal of Composite Materials* vol.53.no12, pp.1579-1669, 2019. <https://doi.org/10.1177/0021998318772152>