

Pemanfaatan Limbah Serat Alam Kulit Buah Kelor Sebagai Papan Komposit yang Diperkuat Polimer *Unsaturated Polyester Resin*

Jayadin¹, Kartini Rahman Nisa², Siti Zuraidah³, Kristina Tresia Leto⁴, Sri Astuti Rahman Coa⁵, Nurhadyati⁶, Muhammad Mujiburohman⁷, Hamzarudin Hikmatiar⁸

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Muhammadiyah Maumere

⁷Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta

⁸Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Maumere

Email: ¹Corresponding Author: jayadinmtk@gmail.com; ²kartinirahmannisa@gmail.com;

³sitihasalal@gmail.com; ⁴kristinatresia922@gmail.com; ⁵sriastutjia20992@gmail.com;

⁶nurhadyati@gmail.com; ⁷mmujiburohman@ums.ac.id; ⁸hamzarudinhikmatiar90@gmail.com;

ABSTRAK

Penggunaan Material Komposit dengan penguat serat alam mulai banyak dikenal dalam industri manufaktur, Material yang ramah lingkungan dan mampu didaur ulang. Komposit dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan, memiliki kekuatan atau kekakuan, penyerapan energi dan desain yang lebih tinggi, memiliki harga yang murah dan Serat alam juga mudah didaptkan terkhususnya kulit buah kelor yang dimana sangat melimpah di daerah Nusa Tenggara Timur Khususnya di Kabupaten Sikka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan *Bending*, energi *impact* dan daya serap air laut. Bahan Penelitian ini adalah serat kulit buah kelor dan resin polyester. Serat kulit buah kelor merupakan limbah yang jarang sekali digunakan sehingga bisa menjadi limbah yang serius. Spesimen ini digunakan dengan metode *Cold Compressing Moulding* (Cetakan yang diberi beban pada suhu ruangan). Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimal pada fraksi volume 25%, memberikan kuat *Bending* tertinggi sebesar 8.888 MPa, energi *impact* tertinggi sebesar 0.196 J/mm², dan nilai daya serap air laut terendah sebesar 0.79%.

Kata Kunci: limbah, serat alam, kulit buah kelor, papan komposit, resin polyester

ABSTRACT

The use of Composite Materials with natural fiber reinforcement is starting to be widely known in the manufacturing industry, environmentally friendly and recyclable materials. Composites are made to obtain lightweight structures, have higher strength or stiffness, energy absorption and design, have low prices and natural fibers are also easy to obtain, especially moringa fruit skin which is very abundant in the East Nusa Tenggara region, especially in Sikka Regency. This study aims to determine the Bending strength, impact energy and seawater absorption capacity. The research materials are moringa fruit skin fiber and polyester resin. Moringa fruit skin fiber is a waste that is rarely used so it can be a serious waste. This specimen is used with the Cold Compressing Molding method (Molds that are loaded at room temperature). The results of the study showed optimal conditions at a volume fraction of 25%, providing the highest Bending strength of 8,888 MPa, the highest impact energy of 0.196 J/mm², and the lowest seawater absorption value of 0.79%.

Key words: waste, natural fiber, moringa fruit peel, composite board, polyester resin.

Submitted:	Reviewed:	Revised:	Published:
24 November 2024	27 Desember 2024	06 Januari 2025	01 August 2025

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah di Indonesia sudah menjadi permasalahan umum yang masih sering dijumpai di lingkungan sekitar dan harus segera diatasi dengan cermat (Jayadin *et al.*, 2024). Permasalahan tersebut antara lain polusi udara, polusi tanah, dan polusi air, polusi tersebut disebabkan oleh jumlah sampah yang semakin meningkat dari hari ke hari (Diana *et al.*, 2020). Meningkatnya jumlah limbah padat dari limbah rumah tangga dari sekian banyak jenis sampah yang ada, kulit buah kelor merupakan sampah yang belum dikelola dengan baik. Limbah tersebut hanya dibiarkan begitu saja

atau dibakar yang dapat memicu polusi tanah dan polusi udara, sehingga perlu adanya suatu pengolahan yang dapat membuat limbah kulit buah kelor memiliki nilai guna yang lebih baik. Saat ini teknologi terus mengalami perkembangan. Perkembangan teknologi menghasilkan berbagai material baru (Diana *et al.*, 2020). Berdasarkan teknologi tersebut, limbah kulit buah kelor memiliki peluang besar untuk dijadikan material baru yang diharapkan dapat menghasilkan nilai tambah. Material baru tersebut salah satunya adalah bahan komposit (Dwi Handoko *et al.*, 2022). Komposit merupakan suatu material yang

dibentuk dari campuran dua atau lebih material penyusunnya melalui campuran yang tidak homogen dan memiliki sifat mekanik dari masing-masing material penyusunnya berbeda (Kurniawan *et al.*, 2022). Penggunaan serat alam pada komposit dapat mengurangi bobot komposit hingga 10% dan menurunkan energi yang dibutuhkan untuk produksi hingga 80%, sedangkan biaya komponen 5% lebih rendah dibandingkan dengan komponen yang diperkuat fiber glass (Adeniyi *et al.*, 2019). Umumnya dalam komposit terdapat bahan yang disebut sebagai "matriks" dan bahan "penguat (*filler*)".

Bahan penguat yang umum digunakan selama ini adalah serat karbon, serat gelas, keramik (Sadat *et al.*, 2020). Alternatif bahan baku serat alam yang dapat digunakan sebagai *filler* material komposit diantaranya adalah limbah serat alam kulit buah kelor (Faryuni *et al.*, 2020). Pemanfaatan serat alam sebagai komponen penguat komposit sudah mulai banyak diminati, karena selain kekuatan dan kekakuan serat yang tinggi dan tidak kalah dari serat sintesis serta tahan terhadap korosi (Fahmi *et al.*, 2020). Selain itu, penggunaan serat alam ini akan menghasilkan produk komposit dapat diperbarui, berkelanjutan dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah yang merusak lingkungan (Mochane *et al.*, 2019). Serat alam yang paling sering digunakan dalam pembuatan komposit seperti rami, kenaf, bambu dan serat pisang yang banyak diaplikasikan pada industri otomotif, kedirgantaraan, kelautan dan aplikasi berupa paten soket prostesis atas lutut berbahan dasar komposit serat pisang dengan resin epoksi (A. P. Irawan & Sukania, 2015). Matriks atau penguat yang ramah lingkungan sering digunakan adalah Resin poliester merupakan salah satu resinspoliester termoset yang mempunyai kemampuan berikatan dengan serat alam tanpa menimbulkan reaksi dangas, oleh karena itu resin poliester digunakan dalam penelitian ini (Nurhayati, 2016). Penelitian ini penting untuk dilakukan dalam rangka upaya mencegah berkurangnya sumber daya hutan dan upaya pemanfaatan limbah/hasil buangan dari bahan alam agar memiliki nilai guna dan nilai ekonomi, terutama limbah dari sektor pertanian. Salah satu limbah hasil pertanian yaitu kulit buah kelor dimana setelah dimasak langsung dibuang sebagai limbah. Kulit buah kelor dapat diproses lebih lanjut untuk pengembangan komposit berbahan dasar serat alam.

Pemanfaatan potensi serat alam yang ada di sekitar menjadi salah satu langkah pencegahan limbah yang tidak ramah lingkungan. Biokomposit merupakan salah satu pengembangan papan komposit yang ramah lingkungan untuk mengurangi limbah rumah tangga (Nurhanisa *et*

al., 2021). Salah satu masalah yang sering dijumpai di tengah masyarakat adalah kurangnya kesadaran akan limbah rumah tangga dari kulit buah kelor (*Moringa oleifera*).

Maka upaya yang dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan yang disebabkan oleh menumpuknya limbah tersebut dengan cara memanfaatkan limbah-limbah tersebut menjadi hal-hal yang lebih bermanfaat, dengan cara pembuatan papan komposit. Pembuatan papan komposit dari serat alam sangat penting mengingat ketersediaan kayu sebagai bahan baku bangunan dan *furniture* makin menurun. Selain itu, serat alam selain kayu dapat ditemukan dengan mudah dan limbahnya lebih mudah terurai dibandingkan bahan sintetis (Putri *et al.*, 2020).

Perlu di pahami bahwa limbah dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu limbah yang dapat di daur ulang maupun limbah tidak dapat di daur ulang, salah satu limbah didaur ulang yakni limbah kulit buah kelor dimana limbah tersebut memberikan banyak manfaat salah satunya menjadi produk yang bernilai tambah dan mampu bersaing di pasar global serta mutu pelayanan cepat. Limbah kulit buah kelor dapat memberikan maanfaat dalam pembuatan papan komposit karena limbah kulit buah kelor dapat dengan mudah ditemukan, khususnya di daerah NTT, Kabupaten Sikka. Pengembangan dan penggunaan material komposit yang berpenguat serat alam dapat membuat produk dengan biaya murah karena harga bahan baku yang rendah.

Pengembangan teknologi komposit berpenguat serat alam telah banyak dilakukan oleh penelitian dan ilmuwan karena memiliki keuntungan. Komposit serat alam memiliki keuntungan dibandingkan dengan komposit serat sintesis yaitu lebih ringan, ramah lingkungan dan murah. Sudah banyak penelitian yang telah dikembangkan tentang komposit berbahan serat alam. Serat alam yang sudah banyak diteliti oleh peneliti seperti serat alam Jute (Al Rasyid *et al.*, 2022), Flax (Rahman, 2021), Sisal (Fikran *et al.*, 2022), Kenaf (Ali Indragiri *et al.*, 2021), Pisang (Yusriani *et al.*, 2022), Nanas (Tauvana *et al.*, 2020), dan Sabut (Hastuti *et al.*, 2021).

Pada penelitian papan komposit biasanya para peneliti menggunakan pengujian seperti uji Tarik (Karthi *et al.*, 2019), uji kekuatan luntur (Walte *et al.*, 2020), kekuatan Impak (Wang *et al.*, 2020) dan daya serap air (Yusniyanti *et al.*, 2019). Pengujian tersebut sering dilakukan oleh para peneliti untuk mengetahui seberapa kuat papan komposit menggunakan serat alam.

Berdasarkan penjelasan di atas bahwa serat alam tersebut sudah sering dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Limbah kulit buah kelor merupakan

limbah rumah tangga yang belum pernah dimanfaatkan sebagai bahan papan komposit, selama ini limbah kulit buah kelor hanya dibiarkan atau dibakar, sehingga dapat mencemari lingkungan dan polusi udara. Papan komposit dari kulit buah kelor bisa juga dimanfaatkan juga oleh industri konstruksi bisa agar bisa digunakan sebagai bahan baku bangunan pembuatan *furniture*, selain bisa didapatkan dengan mudah dan harganya terjangkau.

Untuk pengujian peneliti menggunakan salah satu pengujian yang belum pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, yaitu menguji sampel dengan menggunakan daya serap air laut. Daya serap air laut ini merupakan pengujian yang baru, karena selama ini peneliti hanya menggunakan air biasa untuk pengujian daya serap air.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium IPA Universitas Muhammadiyah Maumere sebagai pembuatan sampel, sedangkan untuk menguji sampel menggunakan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Subjek dalam penelitian ini adalah Limbah kulit buah kelor yang terdapat di daerah Nusa Tenggara Timur, khususnya di kabupaten Sikka. Pada pengujian ini peneliti menggunakan 3 pengujian, yaitu uji *Bending*, uji *impact* dan daya serap air laut. Pengujian *Bending* dan pengujian *impact* akan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, sedangkan untuk daya serap air laut di uji Laboratorium IPA Universitas Muhammadiyah Maumere, dimana air laut yang digunakan merupakan murni air laut yang di ambil di daerah Nusa Tenggara Timur khususnya di kabupaten Sikka. Limbah kulit buah kelor akan dijadikan sebagai papan komposit. Untuk memastikan penelitian dapat terarah dengan baik akan dibagi menjadi tiga tahap yaitu pra penelitian, penelitian, dan pasca penelitian.

Pra Penelitian

Tahap awal penelitian adalah mengumpulkan limbah kulit buah kelor yang tidak dipakai lagi, tahap selanjutnya yaitu memisahkan limbah kulit buah kelor dari dagingnya yang masih terdapat pada kulitnya dan direndam dengan aquades selama 24 jam. Tujuan dari perendaman ini adalah agar kotoran yang menempel pada limbah kulit buah kelor bisa hilang. Kemudian setelah direndam limbah kulit buah kelor dikeringkan selama 1 hari. Kulit buah kelor yang sudah dikeringkan dilakukan Perlakuan Alkalinasi serat dengan menggunakan perendaman air yang dicampur 5% NaOH selama 24 jam. Sebelum dikeringkan limbah kulit buah kelor dicuci dengan air mengalir, kemudian Selanjutnya dikeringkan

dibawah sinar matahari selama 1 hari sebelum dicetak. Tahap selanjutnya Pembuatan papan komposit dilakukan dengan metode *Cold Compressing Moulding* (Cetakan yang diberi beban pada suhu ruangan). Langkah awal adalah mengoleskan *wax* pada cetakan kaca yang telah disediakan, ini bertujuan untuk mempermudah pengangkatan komposit dari cetakan pada saat sudah kering. kemudian *Unsaturated Polyester Resin* dan serat ditimbang sesuai variable. penelitian Komposit yang digunakan adalah komposit berpenguat serat Kulit buah kelor bermatrik resin polyester. Rasio antara serat dan resin sebesar 15%:85%, 20%:80% dan 25%:75%. Pembuatan papan komposit dengan menggunakan cetakan berukuran Panjang 15 cm x Lebar 15 cm x Tebal 1 cm. Resin yang sudah tercampur dengan katalis dituangkan ke dalam cetakan sedikit demi sedikit hingga rata, kemudian serat yang dianyam tegak lurus dimasukkan dalam cetakan, di atas serat di tambahkan lagi dengan resin lalu diratakan lagi kemudian cetakan ditutup dan diberi beban diatas cetakan agar udara tidak masuk. Setelah itu cetakan yang sudah berisi resin dan serat kulit buah kelor didiamkan selama 24 jam pada suhu ruangan, setelah kering spesimen dibuka dan diangkat dari dalam cetakan. Setelah kering komposit yang telah jadi dipotong sesuai dengan ukuran Standar ASTM D-790 (Mawardi *et al.*, 2017) untuk pengujian *Bending*, ASTM D-256 (Made *et al.*, 2021) untuk pengujian *Impact*, ASTM (Ismail *et al.*, 2021) untuk pengujian Daya Serap Air Laut dan komposit siap untuk dibuat menjadi specimen.



Gambar 1. Pohon Buah Kelor (*Moringa sp.*)



Gambar 2. Kulit Buah Kelor yang sudah di rendam dengan NaOH



Gambar 3. Sampel Uji Impact



Gambar 4. Sampel Uji Bending



Gambar 5. Sampel Uji Daya Serap Air Laut

Penelitian

Pada tahap penelitian langkah awal yang dilakukan adalah menguji sampel papan komposit dengan menggunakan alat *Universal testing machine* yang dimana sampel yang akan diuji pada pengujian *Bending* atau kekuatan lengkung dilakukan untuk mengetahui tegangan *Bending* terbesar yang didapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Untuk pengujian *impact* dilakukan untuk mengetahui berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Kemudian pengujian daya serap air laut pengujian ini dilakukan untuk menentukan seberapa besar kapasitas dalam hal ini specimen untuk menyerap air laut sampai batas jenuh. Pada pengujian ini specimen uji akan bertambah beratnya, dari awal berat specimen karena perlakuan menyerap air laut dalam waktu 24 jam. Pada penelitian ini dilakukan 2 kali percobaan tiap masing-masing pengujian agar dapat mengetahui sampel dengan nilai yang paling optimal.

Pasca Penelitian

Pasca penelitian merupakan tahapan akhir dari seluruh rangkaian pengujian sampel. Data dari hasil pengujian sampel papan komposit limbah serat kulit buah kelor akan dianalisis dengan melakukan perhitungan terhadap besarnya

kekuatan *bending*, besarnya kekuatan *impact*, dan mengetahui seberapa kecil sampel menyerap air laut selama 24 jam dari variasi rasio antara serat dan resin. Nilai material hasil pengujian ini diambil yang terbaik, sehingga akan didapatkan hasil percobaan berupa nilai yang optimal. Agar mempermudah dan memperjelas langkah-langkah penelitian berikut disajikan diagram alur penelitian pada gambar 9.



Gambar 9. Diagram Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel yang diuji menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) untuk bisa mengetahui sifat mekanis dari uji *Bending* dan uji *impact*. Selain pengujian untuk mengetahui sifat mekanis terdapat juga pengujian Daya Serap Air Laut untuk menentukan sifat fisis. Dari hasil pengujian papan komposit berpenguat serat kulit buah kelor dilakukan pengolahan data serta perhitungan. Hasil data dan perhitungan yang didapat akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Pengujian Bending

Tujuan melakukan pengujian *Bending* yaitu untuk mendapatkan nilai tegangan bengkok dari bahan uji.



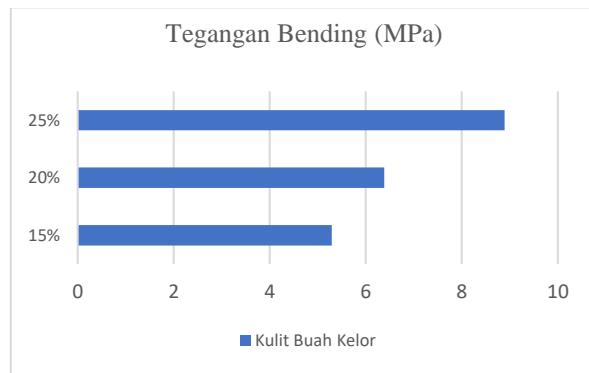
Gambar 6. Pengujian Bending

Pengujian *bending* papan komposit kulit buah kelor dengan matriks polyester dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian *Bending* menggunakan standar ASTM D-790 dengan memiliki panjang spesimen 160 mm, untuk panjang span 135 mm. Hasil yang

didapatkan bisa dilihat dari tabel dan gambar di bawah ini:

Tabel 1. Nilai Beban Uji *Bending* Komposit Serat Kulit Buah Kelor

No	Volume Serat (%)	Displacement (mm/min)	Load (kN/s)	Tegangan Maks. (MPa)	Regangan Maks. (%)
1	15	30	20	5.290	7.652
2	20	30	20	6.386	7.846
3	25	30	20	8.888	9.192



Gambar 10. Grafik Nilai Kekuatan *Bending*

Berdasarkan data hasil uji *Bending* dari gambar 10 di dapat nilai tertinggi kekuatan *Bending* pada pengujian pada fraksi volume 25% serat kulit buah kelor memiliki kekuatan *Bending* sebesar 8.888 MPa dan kekuatan *Bending* terendah terdapat pada fraksi volume 15% serat kulit buah kelor sebesar 2.600 MPa, sedangkan pada fraksi volume 20% sebesar 5.764 MPa. Hal ini dikarenakan semakin banyak limbah serat buah kelor pada papan komposit maka nilai kekuatan *Bending*-nya semakin naik dan semakin sedikit jumlah limbah kulit buah kelor maka kekuatan *Bending*-nya juga semakin rendah. Nilai uji *Bending* yang diperoleh telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 dimana nilai minimal standar SNI adalah 82 kgf/cm² atau 8,0415 Mpa (Arianti & Rafani, 2021)

Pengujian *Impact*

Pengujian *Impact* dilakukan untuk mengetahui berapa besar energi yang mampu di serap oleh komposit serat kulit buah kelor. Untuk mengetahui hasil pengujian maka dilakukan dengan pengujian *Impact charpy*. Pengujian *Impact* menggunakan standar ASTM D-256 dengan memiliki Luas penampang 101,6 mm².

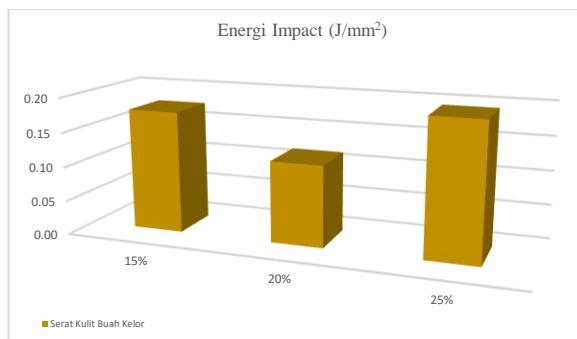


Gambar 7. Pengujian *Impact*

Hasil yang didapatkan bisa dilihat dari tabel dan gambar di bawah ini:

Tabel 2. Energi yang diserap Komposit Serat Kulit Buah Kelor

No	Vol. Serat (%)	Luas (mm ²)	Energi (Joule)	Impact (J/ mm ²)
1	15 (2)	30	18	0.177
2	20 (2)	30	12	0.118
3	25 (2)	30	20	0.196



Gambar 11. Grafik Energi *Impact*

Dilihat dari gambar di atas menunjukkan bahwa energi *impact* yang diserap pada fraksi volume 15%, 20%, 25% serat kulit buah kelor memiliki kekuatan energi sebesar 0.177 J/ mm², 0.118 J/ mm², 0.196 J/ mm². fraksi volume 20% memiliki energi serap paling terendah sebesar 0.118 J/ mm², hal dikarenakan pada saat pencampuran anatara serat dan resin tidak tercampur dengan rata sehingga pada fraksi volume 20% energi *Impact* nya lebih kecil dibandingkan dengan fraksi volume 15%. Sedangkan energi serap terbesar terdapat pada fraksi volume 25% sebesar 0.196 J/ mm². Pada penelitian ini pengujian *impact* yang diperoleh telah memenuhi standar SNI yang mana nilai minimal standar SNI sebesar 0,00972 J/mm² (Mulyo & Yudiono, 2018).

Daya Serap Air Laut

Daya serap air laut yang dimaksud adalah untuk menunjukkan kemampuan papan komposit serat

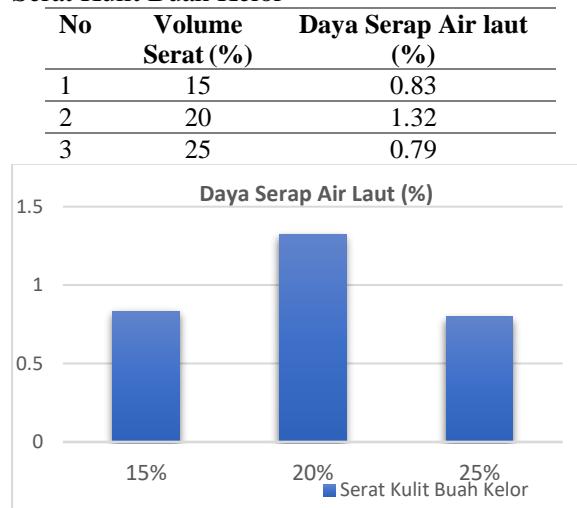
kulit buah kelor untuk menyerap air laut setelah melakukan perendaman selama 24 jam. Komponen air laut terdiri dari natrium (31%), magnesium (4%), klorida (55%), sulfat (8%), kalium (1%), kalsium (1%), dan sisanya 1% fluorida, bikarbonat, strontium, asam borat dan bromida. Garam-garam yang terkandung dalam air laut dapat bereaksi secara kimiawi (Irawan *et al.*, 2023), sehingga dapat menurunkan kekuatan suatu pengujian.



Gambar 8. Pengujian Daya Serap Air Laut

Uji Daya Serap Air Laut menggunakan Standar ASTM D-570 dengan dimensi panjang 5 cm, lebar 5 cm dan tebal 1 cm. Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu melakukan penimbangan berat pada spesimen yang akan diujikan. Hasil yang didapatkan bisa dilihat dari tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Daya Serap Air Laut Komposit Serat Kulit Buah Kelor



Gambar 12. Hasil Daya Serap Air Laut

Berdasarkan Gambar 12 di atas, diperlihatkan bahwa fraksi volume 25% memiliki daya serap yang paling rendah sebesar 0.79%. Hal ini dikarenakan pada spesimen fraksi volume 25% hanya memiliki sedikit rongga atau ruang kosong pada sisi kiri dan sisi kanan yang bisa menampung air laut di antara partikel, untuk bagian atas dan bawah tidak ada pori-pori pada papan komposit. sehingga bisa menahan laju air laut untuk masuk ke dalam komposit. Sedangkan fraksi volume 20% memiliki memiliki daya serap air tinggi sebesar 1.7% hal ini dikarenakan masih

ada beberapa rongga yang terdapat pada sisi kanan dan sisi kiri pada papan komposit, sehingga menyebabkan air laut dengan mudah masuk ke dalam papan komposit. Nilai daya serap air yang diperoleh telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yang memiliki nilai standar maksimal sebesar 14% (Andreas *et al.*, 2024)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan maka ditarik kesimpulan bahwa hasil pengujian *Bending* dan *impact* papan komposit serat kulit buah kelor yang paling optimal terdapat pada fraksi volume 25% yaitu sebesar 8.888 MPa dan 0.196 J/ mm², Sedangkan untuk hasil pengujian *Bending* dan *impact* terendah pada fraksi volume 15% dan 20% yaitu sebesar 2.600 MPa dan 0.118 J/ mm². Pada pengujian daya serap air laut mendapatkan nilai yang optimum atau daya serap air laut yang paling rendah terdapat pada fraksi volume 25% yaitu sebesar 0.79%, sedangkan untuk daya serap air laut tertinggi terdapat pada fraksi volume 20% yaitu sebesar 1.7%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan dana penelitian melalui Skema Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeniyi, A. G., Ighalo, J. O., & Onifade, D. V. (2019). Banana and Plantain Fiber-Reinforced Polymer Composites. *Journal of Polymer Engineering*, 39(7), 597–611.
<https://doi.org/10.1515/polyeng-2019-0085>
- Al Rasyid, M., Jusuf Zulfikar, A., & Iswandi, I. (2022). Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat Jute Berdasarkan Pola Kerusakan Kolom Silinder Metode Split Tensile Test. *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (Irajtma)*, 1(2), 27–34.
<https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.15>
- Andreas, A., Mawardi, I., & Nurdin, N. (2024). Pembuatan dan Karakterisasi Papan Blok Berbasis Komposit Ampas Tebu. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 8(1), 1-5.
<http://dx.doi.org/10.30811/jmst.v8i1.5070>
- Arianti, I., & Rafani, M. (2021). The Effect of Adding Plastic Bottle PET Waste in the Making of Sawdust Particleboard. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 2(11), 737–744.
<http://repository.polnep.ac.id/xmlui/handle/123456789/1979>
- Diana, L., Safitrah, A. G., & Ariansyah, M. N. (2020). Analisis kekuatan tarik pada material

- komposit dengan serat penguat polimer. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 4(2), 59-67.
<https://doi.org/10.30588/jeemm.v4i2.754>
- Handoko, R. D., Setiawan, F., & Sehono. (2022). Pengaruh Fraksi Serbuk Kayu Jati Terhadap Kekuatan Komposit Partikel dengan Pengujian Impact. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(2), 322–329.
<https://doi.org/10.56521/teknika.v8i2.738>
- Fahmi, H., Pratiwi, P., & Maryanto, T. (2020). Pengaruh Penambahan Serbuk Pelepah Pinang pada Matrik Polyester terhadap Kekuatan Tarik dan Bending. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 1–5.
<https://doi.org/10.21063/jtm.2020.v10.i1.1-5>
- Faryuni, I. D., Putri, M. R., Asri, A., & Nurhasanah, N. (2020). Kebergantungan Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit Berbahan Dasar Sabut Pinang dan Sabut Kelapa pada Variasi Struktur. *Positron*, 10(1), 8.
<https://doi.org/10.26418/positron.v10i1.35873>
- Fikran, Balfas, M., & Mardin. (2022). Analisis Sifat Mekanis Bahan Komposit Lamina Serat Sisal (Sisalana Agave) Bermatriks Polimer. *Journal of Technology Process*, 2(1), 1–13.
<https://pasca-umi.ac.id/index.php/process/article/view/1073>
- Hastuti, S., Budiono, H. S., Ivadiyanto, D. I., & Nahar, M. N. (2021). Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Serat Alam Limbah Sabut Kelapa (Cocofiber) yang Biodegradable. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 6(1), 30–37.
<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v6i1.2257>
- Indragiri, M. A., Supriyatna, N., & Dahlan, S. (2021). Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Kenaf dan Microcrystalline Cellulose. *Iteks*, 13(2), 25-32.
<https://ejournal.stt-wiworotomo.ac.id/index.php/iteks/article/view/323>
- Irawan, A. P., & Sukania, I. W. (2015). Kekuatan Tekan Komposit Serat Limbah Pisang dengan Matriks Epoksi sebagai Bahan Socket Prosthesis. *Konferensi Nasional Engineering Perhotelan VI*, 1, 291–295.
- Irawan, D., Niken, C., Zaenudin, A., & Helmi, M. (2023). Pengaruh Perendaman Air Laut terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton. *Journal Rekayasa Sipil dan Design*, 11(4), 789–800.
<https://doi.org/10.23960/jrsdd.v11i4.3840>
- Ismail, A. I., Rasidah, R., & Haliq, R. (2021). Pengaruh Massa Filler-Matriks terhadap Sifat Mekanik dan Daya Serap Air pada Komposit Cangkang Biji Karet. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(2), 297–304.
<https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.02.7>
- Jayadin, Gunidar, L., Putri, S., & Windasari. (2024). Identifikasi Pengolahan Sampah Organik Dan Non Organik Di Pasar Alok Kabupaten Sikka. *Justi (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 5(1), 43–50.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30587/justi.cb.v5i1.8808>
- Karthi, N., Kumaresan, K., Sathish, S., Gokulkumar, S., Prabhu, L., & Vigneshkumar, N. (2019). An overview: Natural fiber reinforced hybrid composites, chemical treatments and application areas. *Materials Today: Proceedings*, 27(xxxx), 2828–2834.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.011>
- Kurniawan, N. A., Setiawan, F., & Sofyan, E. (2022). Pengujian Tarik Komposit Spesimen Campuran Serat Pisang Alur Diagonal Dan Pasir Besi Dengan Matrik Resin Polyester Dengan Metode Hand Lay-Up. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(2), 281–288.
<https://doi.org/10.56521/teknika.v8i2.657>
- Mawardi, I., Azwar, A., & Rizal, A. (2017). Kajian Perlakuan Serat Sabut Kelapa terhadap Sifat Mekanis Komposit Epoksi Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Polimesin*, 15(1), 22.
<https://doi.org/10.30811/jpl.v15i1.369>
- Mochane, M. J., Mokhena, T. C., Mokhothu, T. H., Mtibe, A., Sadiku, E. R., Ray, S. S., Ibrahim, I. D., & Daramola, O. O. (2019). Recent progress on natural fiber hybrid composites for advanced applications: A review. *Express Polymer Letters*, 13(2), 159–198.
<https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2019.15>
- Mulyo, B. T., & Yudiono, H. (2018). Analisis Kekuatan Impak Pada Komposit Serat Daun Nanas untuk Bahan Dasar Pembuatan Helm SNI. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(2), 1–8.
<https://doi.org/10.15294/jkomtek.v10i2.16917>
- Nurhanisa, M., Wahyuni, D., & Masela, P. (2021). Pengaruh Susunan Serat pada Papan Komposit Serat Bambu terhadap Sifat Fisis dan Mekanis. *Positron*, 11(2), 126–132.
<https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.64319>

- Nurhayati, A. (2016). Analisis Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit Poliester dengan Filler Alami Serabut Kelapa Merah. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 1(1), 177–187.
<https://doi.org/10.21580/phen.2011.1.1.1450>
- Putri, M. R., Faryuni, I. D., & Nurhasanah, N. (2020). Pabrikasi Papan Komposit Berbahan Dasar Sabut Pinang (Areca catechu L.) dan Sabut Kelapa (Cocos nucifera L.). *Prisma Fisika*, 7(3), 223.
<https://doi.org/10.26418/pf.v7i3.36780>
- Rahman, M. Z. (2021). Mechanical and damping performances of flax fibre composites – A review. *Composites Part C: Open Access*, 4, 100081.
<https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100081>
- Sidabutar, S. N., Maryanti, B., & Ismail, M. F. R. (2020). Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Berbahan Serat Sabut Kelapa dan Serat Buah Bintaro. *Proton: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Mesin*, 12(1), 1-8.
<https://doi.org/10.31328/jp.v12i1.3486>
- Tauvana, A. I., Syafrizal, & Subekti, M. I. (2020). Pengaruh Matrik Resin-Epoxy terhadap Kekuatan Impak dan Sifat Fisis Komposit Serat Nanas. *Jurnal Polimesin*, 18(2), 99–104.
<http://dx.doi.org/10.30811/jpl.v18i2.1841>
- Walte, A. B., Bhole, K., & Gholave, J. (2020). Mechanical Characterization of Coir Fiber Reinforced Composite. *Materials Today: Proceedings*, 24, 557–566.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.309>
- Wang, G., Zhao, J., Wang, G., Zhao, H., Lin, J., Zhao, G., & Park, C. B. (2020). Strong and super thermally insulating in-situ nanofibrillar PLA/PET composite foam fabricated by high-pressure microcellular injection molding. *Chemical Engineering Journal*, 390 (November 2019).
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124520>
- Wibawa, I, M, S., Kencanawati, C. I. P. K., & Negara, D. N. K. P. (2021). Karakteristik Kekuatan Mekanik Papan Partikel Komposit Serbuk Kayu Jati dengan Matriks Resin Epoksi Elka-311 dengan Variasi Fraksi Massa. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 10(1), 1174–1180.
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/mekanika/article/view/73162/>
- Yusniyanti, E., Irwansyah, A., Milawarni, & Miswar. (2019). Analisa Sifat Mekanik Genteng Komposit Polimer dari Penambahan Serat Panjang Sabut Kelapa. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe ISSN: 2598-3954*, 3(1), 103–108.
<http://ejurnal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/1714/1487>
- Yusriani, Y., Sahara, S., & Said Lanto, M. (2022). Uji Sifat Mekanik Papan Komposit Berbahan Tongkol Jagung dan Serat Batang Pisang. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 16(1), 65–73.
<https://doi.org/10.24252/teknosains.v16i1.24490>