

PENGARUH PENAMBAHAN *PLASTICIZER* GLISEROL DAN PATI JAGUNG PADA MATRIKS GONDORUKEM TERHADAP KEKUATAN IMPAK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI

*Fakhrizal Akbar¹, Sulardjaka², Norman Iskandar²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: fakhrizalakbar81@gmail.com

Abstrak

Pembuatan komposit didasarkan pada konsep *green composite*. *Green composite* adalah jenis komposit yang ramah lingkungan, yang terbuat dari kombinasi resin alami (gondorukem) dan penguat yang berasal dari sumber alami (serat rami). Dalam rangka mengurangi penggunaan bahan-bahan sintesis yang memiliki dampak negatif pada lingkungan, pendekatan ini melibatkan pengembangan komposit dengan komponen serat dan matriks yang bersifat alami. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh fraksi massa serat rami dan pengaruh persentase *plasticizer* pada matriks gondorukem. Berbagai variasi fraksi massa serat digunakan, yaitu 20 wt%, 25 wt%, dan 30 wt%. Sementara itu, variasi konsentrasi *plasticizer* yang digunakan adalah gliserol yang dicampur dengan pati jagung dengan persentase 15% wt dan 20% wt. Pembuatan spesimen dilakukan melalui dua metode, yakni *hand lay-up* dan *compression molding*. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar ASTM D5942-96. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan impact komposit mengalami fluktuasi sejalan dengan perubahan fraksi massa serat dan konsentrasi *plasticizer*. Dalam hal ini, hasil pengujian impact menunjukkan bahwa komposit dengan fraksi massa serat 20% dan penambahan *plasticizer* 20% memiliki nilai impact tertinggi, yakni 0,588 J/mm².

Kata kunci: gondorukem; kekuatan impact; komposit; *plasticizer*; serat rami

Abstract

The production of composites is based on the concept of green composites. Green composites are a type of environmentally-friendly composite, made from a combination of natural resin (gondorukem) and reinforcement sourced from natural materials (hemp fibers). With the aim of reducing the use of synthetic materials that have negative environmental impacts, this approach involves developing composites with components of natural fibers and matrices. This research aims to investigate the influence of hemp fiber mass fraction and the impact of plasticizer percentage on the gondorukem matrix. Various variations of hemp fiber mass fractions are employed, namely 20 wt%, 25 wt%, and 30 wt%. Meanwhile, the plasticizer concentration variations used are glycerol mixed with cornstarch at percentages of 15%wt and 20%wt. Specimen fabrication is carried out through two methods, namely hand lay-up and compression molding. Testing is conducted in accordance with the ASTM D5942-96 standard. The research results indicate that the impact strength of the composite fluctuates in line with changes in the hemp fiber mass fraction and plasticizer concentration. In this context, the impact testing results reveal that the composite with a 20% hemp fiber mass fraction and the addition of 20% plasticizer has the highest impact strength value, at 0,588 J/mm².

Keywords: composite; gondorukem; impact strength; plasticizer; ramie fiber

1. Pendahuluan

Komposit adalah salah satu jenis material yang ada saat ini selain material lainnya seperti logam, polimer dan keramik. Material komposit merupakan material multi fase yang terdiri dari dua atau lebih jenis material yang dicampur tanpa terjadi reaksi kimia [1]. Material komposit dapat dirancang sesuai karakteristik tertentu yang kita inginkan, seperti konduktivitas termal atau listrik yang lebih baik, rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, atau ketahanan terhadap korosi atau benturan [2]. Komposit dapat diartikan sebagai suatu material yang terdiri dari dua atau lebih bahan secara makroskopik dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lain baik secara kimiawi maupun fisik [3]

Secara umum, bahan komposit terdiri dari dua jenis, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel yang diikat oleh matriks. Partikel ini dapat berbentuk bulat, kubik, tetragonal, atau bahkan berbentuk tidak beraturan secara acak. Sementara itu, bahan

komposit serat terdiri dari serat yang diikat oleh matriks, dengan dua bentuk yang umum yaitu serat panjang dan serat pendek [4].

Biokomposit adalah jenis material komposit yang salah satu komponennya bersifat natural, baik itu menggunakan serat alam sebagai penguat atau menggunakan matriks alam sebagai bahan pengikat [5]. Dalam penelitian ini, komposit menggunakan serat sebagai elemen penguat dan gondorukem (getah pinus) sebagai matriksnya. Komposisi matriks pada penelitian ini, terdapat modifikasi dengan menambahkan pati jagung dan gliserol yang diharapkan dapat memberikan dampak positif terhadap kekuatan mekanis dari komposit yang dihasilkan.

Komposit dengan berpenguat serat alam memiliki keunggulan dibandingkan komposit serat kaca. Komposit ini memiliki kekuatan 40% lebih tinggi dan lebih ringan daripada komposit berpenguat serat kaca. Selain itu, proses pembuatan komposit berpenguat serat alam juga memiliki keuntungan dari segi biaya yang relatif murah dan juga ramah lingkungan. Dengan demikian, komposit serat alam memiliki potensi yang bagus untuk menjadi alternatif pengganti komposit serat sintesis [6]. Serat alam saat ini menjadi inovasi dalam penguatan material komposit. Material komposit yang diperkuat dengan serat alam sedang dikembangkan secara intensif karena banyak digunakan dalam berbagai bidang kehidupan. Permintaan akan bahan yang murah, mudah didapat, ringan, memiliki sifat mekanik yang kuat, tahan korosi, dan ramah lingkungan, membuatnya menjadi alternatif menarik selain logam dan *fiberglass* yang kurang ramah lingkungan. Serat alam berasal dari sumber daya alam terbarukan, seperti serat kayu, serat ampas kelapa sawit, serat rami, serat sisal, serat bambu, serat pisang, dan lain sebagainya. Sementara itu, serat buatan (sintesis) diperoleh dari proses kimia, seperti serat boron, serat karbon atau serat grafit, serat kaca, serat aluminium oksida, serat aramid, dan serat silikon karbida [7]. Pemanfaatan bahan-bahan alternatif tersebut harus berorientasi pada harga yang terjangkau, ketersediaan yang melimpah, kualitas yang tinggi, serta ramah lingkungan [8].

2. Material dan Metode Penelitian

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain

- a. Gondorukem
- b. Turpentine
- c. Katalis MEKPO
- d. Gliserol
- e. Pati Jagung
- f. Akuades

2.2 Alat

- a. Kaca
- b. Timbangan Digital
- c. Gunting
- d. Jangka Sorong
- e. Skrap
- f. Gelas Plastik
- g. Gelas Beaker
- h. Magnetic Stirrer
- i. wax

2.3 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilaksanakan melalui metode *hand lay-up*. Gondorukem dihaluskan dengan menggunakan alu menjadi serbuk, kemudian dipanaskan dengan *magnetic stirrer* sampai mencapai keadaan cair secara menyeluruh. Kemudian bahan *plasticizer* dicampurkan dengan gondorukem sampai semua bahannya larut. Setelah itu, lapisan wax dikenakan pada permukaan kaca untuk bertindak sebagai *release agent*.



Gambar 1. Pengolesan Wax

Setelah permukaan kaca dilapisi wax secara merata, serat rami ditempatkan di atasnya. Langkah *hand lay-up* dilaksanakan dengan cara menuangkan gondorukem ke permukaan serat rami dan mengoleskannya agar terdistribusi merata di setiap lapisan. Setelah gondorukem teraplikasi merata, lapisan serat yang baru ditempatkan di atas lapisan

sebelumnya. Proses ini diulang hingga terbentuk 12-13 lapisan serat rami, sehingga spesimen mendekati ketebalan standar yang ditetapkan dalam uji ASTM D 5942-96.



Gambar 2. Pemanasan Matriks

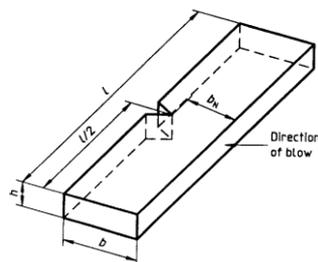
2.4 Pengujian Impak

Proses pengujian impak ini dilaksanakan di Laboratorium Material, Universitas Muhammadiyah Semarang. Pengujian ini mengikuti standar ASTM D 5942-96 dan memanfaatkan peralatan pengujian impact dengan metode *charpy*. Dalam pengujian ini, sebuah pendulum atau beban ditabrakkan ke benda spesimen yang akan diuji. Energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen tersebut dapat dihitung langsung melalui perbedaan energi potensial pendulum dari posisi awalnya hingga setelah mengenai spesimen. Spesimen diberi takikan sebagai tanda identifikasi pada bagian spesimen yang mengalami kerusakan berupa patahan. Pada Gambar 3 ditunjukkan mesin Uji Impak *charpy*.



Gambar 3. Impact Testing Machine

Pengujian kekuatan impak dilaksanakan dengan mengikuti standar ASTM D5942-96. Mesin Pengujian Impak telah dikalibrasi dengan sudut 140° , beban pendulum seberat 26,095 kg, dan panjang lengan pendulum sejauh 0,652 meter. Spesimen yang ditempatkan di dalam penahan mesin pengujian impak diproduksi sesuai dengan spesifikasi yang dijelaskan dalam ASTM D5942-96, yakni memiliki dimensi 80 mm x 10 mm x 10 mm serta memiliki takik berjenis V dengan sudut 45° dan kedalaman 2 mm. Anda dapat melihat dimensi spesimen pengujian impak pada Gambar 4.



Specimen Type ^B	Length, ^C l	Width, ^C b	Thickness, ^C h	Span, L
1	80 ± 2	10.0 ± 0.2	$4.0^D \pm 0.2$	62^{+6}
2 ^E	25 h	10 or 15 ^F	3 ^D	20 h
3 ^E	(11 or 13) h			(6 or 8) h

Gambar 4. Dimensi Spesimen Uji Impak (ASTM D5942-96)

Uji impak sering dilakukan dengan menggunakan pembebanan yang berlangsung secara cepat, yang menghasilkan *strain rate* yang berbeda. Pada pembebanan cepat, energi kinetik beban yang menghantam bahan uji diserap dengan cepat. Proses penyerapan energi ini menghasilkan respon material seperti deformasi plastis, histeresis, gesekan, dan efek inersia. Pengujian ini didasarkan pada konsep penyerapan energi potensial dari sebuah pendulum yang berayun dari ketinggian tertentu, kemudian mengenai bahan uji sehingga menyebabkan deformasi atau patah. Energi impak suatu material dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 dan 2.

$$E = m \cdot g \cdot R (\cos\beta - \cos\alpha) \quad (1)$$

Keterangan:

- E = Energi patah (J)
- m = Massa pendulum (kg)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²)
- R = Panjang lengan pendulum (m)
- α = Sudut awal pendulum
- β = Sudut akhir pendulum

dari Persamaan 1 didapatkan besaran ketangguhan impact yaitu persamaan 2:

$$HI = \frac{E}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

- HI = Ketangguhan impact (J/cm²)
- E = Energi impact (J)
- A = Luas penampang (cm²)

3 Pembahasan dan Analisis

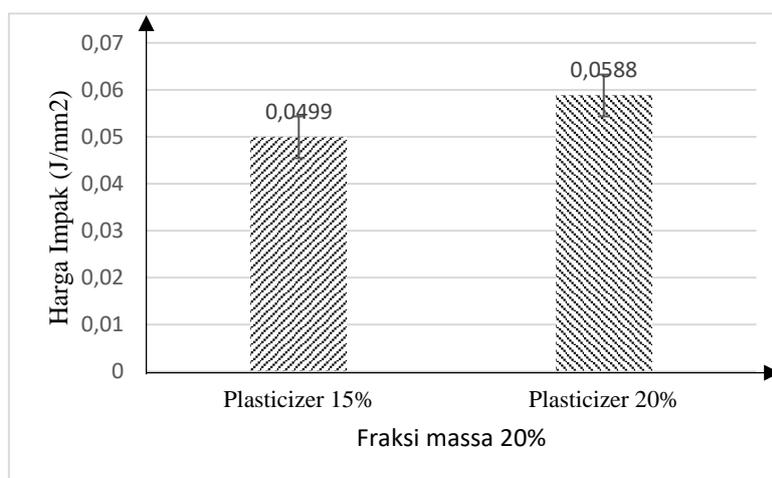
3.1 Hasil Pengujian Impact

Data hasil dari pengujian spesimen yang dilakukan yaitu uji impact komposit sesuai dengan ASTM D5942-96. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Spesimen

Variasi		Luas Penampang (mm ²)	α	β	Energi Terserap (Joule)	Harga Impact (J/mm ²)	Harga Impact Rata-Rata (J/mm ²)
S = 20% P = 15%	A1	98,98	140,00	137,90	0,0421	0,0425	0,0499
	A2	91,91	140,00	137,60	0,0460	0,0501	
	A3	105,00	140,00	136,90	0,0598	0,0570	
S = 20% P = 20%	B1	86,48	140,00	136,90	0,0598	0,0692	0,0588
	B2	88,36	140,00	137,30	0,0519	0,0588	
	B3	87,36	140,00	137,80	0,0421	0,0482	

dari data hasil pengujian, didapatkan bahwa spesimen dengan persentase plasticizer 20% memiliki kekuatan impact yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen dengan persentase plasticizer 15%. Berikut adalah perbedaan kekuatan impact yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Impact

3.2 Analisis Hasil Pengujian

penambahan unsur *plasticizer* juga mempengaruhi kekuatan impak dari spesimen komposit, terlihat bahwa semakin tinggi unsur *plasticizer* yang digunakan, maka kekuatan impak komposit akan semakin meningkat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sujana dan Widi, 2013 yang melakukan penelitian uji impak terhadap komposit berpenguat serat kenaf dengan matriks epoksi yang ditambahkan dengan karet sebagai *plasticizer* [9]. Pada penelitian tersebut mengungkapkan bahwa semakin banyak fraksi volume karet (*plasticizer*), kekuatan impak komposit semakin meningkat. Ini sesuai dengan konsep bahwa ketika bahan dengan tingkat transisi getas yang tinggi dikopolimerkan dengan bahan karet atau *plasticizer* serupa, transisi getasnya menjadi lebih rendah. Hasilnya, kekuatan impaknya meningkat.

Pengujian impak terhadap spesimen komposit umumnya menghasilkan perubahan fisik pada spesimen. Salah satu kondisi yang sering muncul setelah pengujian adalah delaminasi pada spesimen. Delaminasi merupakan jenis kerusakan di mana ikatan antara matriks dan serat penyusun terlepas. Hal ini biasanya terjadi pada komposit tipe laminat. Faktor-faktor seperti tegangan interlaminar yang tinggi pada sudut spesimen dan konsentrasi tegangan pada titik retakan atau jenis kerusakan lainnya dalam lamina dapat menyebabkan terjadinya delaminasi. Gambaran dari delaminasi pada salah satu spesimen dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengamatan Visual Patahan Spesimen

Pada spesimen komposit yang telah diuji, kasus delaminasi yang paling signifikan terjadi pada spesimen dengan fraksi massa 20 wt%. Hal ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa persentase fraksi massa dari matriks yang dioleskan lebih tinggi dan lebih besar dari fraksi massa serat lainnya. Karena matriks memiliki fraksi massa yang lebih dominan, spesimen ini cenderung memiliki sifat yang lebih mudah patah dan lebih rentan terhadap kerusakan setelah terkena beban impak. Selain itu, kemampuan matriks untuk mengikat serat secara efektif juga terganggu, yang mengakibatkan terjadinya delaminasi *interlaminar*.

Selain faktor tersebut, ketidaksempurnaan dalam proses pembuatan komposit juga dapat memengaruhi kekuatan impaknya. Metode pembuatan dengan *hand lay-up* memiliki potensi untuk menghasilkan spesimen dengan porositas, terutama jika udara terperangkap selama proses pengolesan matriks. Porositas ini dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kekuatan komposit, termasuk kekuatan impaknya.

Selain pengaruh *plasticizer* dan fraksi massa serat, perbedaan antara harga impak rata-rata dari komposit disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain disebabkan karena kekuatan komposit yang kurang merata dan distribusi serat yang kurang merata sehingga energi yang diserap menjadi lebih kecil [10].

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh variasi fraksi massa dan variasi persentase *plasticizer* terhadap kekuatan impak komposit dengan penguat serat rami dan matriks gondorukem, berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil:

1. Komposit yang dengan penguat serat rami dan matriks gondorukem yang dimodifikasi dengan menambahkan unsur *plasticizer* telah berhasil dibuat melalui dua metode, yaitu *hand lay-up* dan *compression molding*. Namun, dalam beberapa spesimen komposit masih terdapat cacat seperti *void* dan terjadinya delaminasi.
2. Pada pengujian impak yang telah dilakukan, kekuatan impak variasi fraksi massa serat 20% *plasticizer* 15% sebesar 0,0499 J/mm² dan fraksi massa serat 20% *plasticizer* 20% sebesar 0,0588 J/mm²,

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tjahjanti, P. H. (2018). Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer. Umsida Press, 1-24.
- [2] Senthilkumar, K., Chandrasekar, M., Alothman, O. Y., Fouad, H., Jawaid, M., & Azeem, M. A. (2022). Flexural, impact and dynamic mechanical analysis of hybrid composites: Olive tree leaves powder/pineapple leaf fibre/epoxy matrix. *Journal of Materials Research and Technology*, 21, 4241-4252.
- [3] Alavi, S., Thomas, S., Sandeep, K. P., Kalarikkal, N., Varghese, J., & Yaragalla, S. (Eds.). (2014). *Polymers for packaging applications*. CRC press.
- [4] Noval, R. I., & Sugiarto, S. (2018). *Analisa Pengaruh Temperatur Pemanasan Polipropilene Dan Waktu Penahanan (Holding Time) Terhadap Sifat Mekanis Material Komposit Polipropilene Dengan Pengisi Abu Dasar (Bottom Ash) Batu Bara (Doctoral dissertation, Untag 1945 Surabaya)*.
- [5] Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (Eds.). (2005). *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. CRC press.
- [6] Arsyad, M., & Salam, A. (2017). Analisis pengaruh konsentrasi larutan alkali terhadap perubahan diameter serat sabut kelapa. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 4(1), 10-13.
- [7] Manurung, R., Simanjuntak, S., Sembiring, J., Napitupulu, R. A., & Sihombing, S. (2020). Analisa Kekuatan Bahan Komposit Yang Diperkuat Serat Bambu Menggunakan Resin Polyester Dengan Memvariasikan Susunan Serat Secara Acak Dan Lurus Memanjang. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*, 2(1), 28-35.
- [8] Muhajir, M., Mizar, M. A., & Sudjimat, D. A. (2017). Analisis kekuatan tarik bahan komposit matriks resin berpenguat serat alam dengan berbagai varian tata letak. *Jurnal Teknik Mesin*, 24(2).
- [9] 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: Majalah Teknik Mesin*, 18(2).
- [10] Sujana, W., & Widi, I. K. A. (2013). Pemanfaatan Silicon Rubber Untuk Meningkatkan Ketangguhan Produk Otomotif Buatan Lokal. *Jurnal Energi dan Manufaktur Vol*, 6(1), 1-94.