



Analisis waktu perendaman serat jelatang pada NaOH dan silane terhadap kekerasan dan ketangguhan material hibrid komposit

Analysis of the immersion time of nettle fiber in NaOH and silane on the hardness and toughness of composite hybrid materials

K. Suarsana^{1*}, I.G.P.A. Suryawan², P.W. Sunu,³ A.A.A. Triadi⁴

¹²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali 80361, Indonesia. HP. 081338606307

³Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali 80361, Indonesia

⁴Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia

*E-mail: suarsana@unud.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 28 June 2022

Accepted 26 September 2022

Available online 01 October 2022

Keywords:

Composite

Hardness

NaOH

Nettle Fiber

Silane

Toughness



*The advantages of stinging nettle fibre (*Urtica dioica* L.) properties as a substitute for synthetic fibres for reinforcing composite materials are its strength and lightweight compared to other natural fibres. This study aims to find the mechanical properties of hybrid composites reinforced with stinging nettle fibre based on immersion treatment of the fibres with chemical solutions. The mechanical properties studied include the hardness and toughness of the hybrid composite. This paper examines the effect of fibre immersion time in NaOH and Silane coupling agent solutions at concentrations of 3% and 9% which are used as reinforcement for hybrid epoxy resin composites. Variations of fibre immersion time in NaOH and Silane solutions: 30, 60, 90, and 120 minutes. The hybrid composite was produced by the hand lay-up moulding method. The results showed that the highest value of hardness was 88,254 VHN and toughness was 7,459 kJ/m² at 9% immersion. NaOH solution can remove impurities and lignin in the fibre and the Silane coupling agent can form strong bonds because it has a hydroxy group. Based on the results of the study, it can be concluded that the hardness and toughness of the hybrid composite reinforced by stinging nettle fibre have higher hardness and toughness at 9% NaOH and Silane treatment with an immersion time of 120 minutes.*

Dinamika Teknik Mesin, Vol. 12, No. 2, Oktober 2022, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Serat jelatang adalah serat yang berasal dari tanaman jelatang (*Urtica dioica* L.) yang tumbuh di daerah dingin, dan juga tumbuh di seluruh wilayah beriklim sedang seperti Asia dan Amerika Utara (Hegi, 1998). Di Indonesia, salah satu daerah yang dapat menjadi tempat tumbuhnya tanaman jelatang adalah di daerah Bedugul,

Kabupaten Tabanan, Bali. Penggunaan serat alami memberikan banyak keuntungan, yaitu ketersediaannya yang melimpah, biodegradabilitas, fleksibilitas selama pemrosesan, bahaya kesehatan yang kecil, relatif ringan, aspek rasio serat yang diinginkan, Modulus tarik dan lentur yang relatif tinggi (Xie dkk., 2010). Serat jelatang sangat berpotensi sebagai penguat material komposit. Spesifikasi teknik untuk serat jelatang adalah young's modulus 87 GPa (± 28), kekuatan Tarik 1594 MPa (± 640), regangan patah 2,11% ($\pm 0,81$) dan diameter rata-rata 19,9 μm ($\pm 4,4$) (Bodros dan Baley, 2008). Komposit serat jelatang sudah pernah diteliti mengenai pengaruh fraksi volume serat jelatang terhadap kekuatan tarik dan lentur dengan hasil komposisi yang baik dengan perbandingan 20% serat dengan nilai kekuatan lentur 46,65 MPa dan untuk Kekuatan tarik terbesar pada fraksi volume serat 20% dengan nilai 12,18 MPa (Suryawan dkk., 2020). Sedangkan, Kekerasan komposit dengan penambahan serat 10% ke 20% berat serat jelatang hanya memberikan peningkatan sebesar 5,77%, yang dapat dikatakan cukup kecil.

Kekerasan sangat erat hubungannya dengan sifat permukaan. Adanya serat jelatang di bagian permukaan akan mampu menahan indentor menembus material komposit, dimana diketahui serat jelatang mempunyai kekuatan yang lebih besar dari epoxy (Kasim dkk., 2016). Perlakuan kimia terhadap serat alam dilakukan dengan merendam ke dalam larutan yang mengandung silikon (Si), dinamakan perlakuan silane (Nurazzi dkk., 2021). Silane *coupling agent* memiliki gugus hidroksi yang dapat tertarik ke dalam gugus hidroksi pada permukaan serat alam, sehingga *silane* dapat berkontak dengan resin matriks bereaksi dengan resin matriks dan membentuk ikatan yang kuat (Jie dkk., 2022). Peningkatan sifat mekanik pada suatu material dapat dilakukan dengan memberikan perlakuan kimia. Jenis perlakuan kimia yang dapat digunakan meliputi *alkali treatment*, *silane treatment*, *isocyanate treatment*, dan *acetylation*. Perlakuan kimia yang tepat dapat meningkatkan kemampuan mengikat antara serat dan matriks.

Penelitian yang telah dilakukan mengenai perlakuan kimia terhadap material yaitu kekuatan *impact* tertinggi pada variasi perendaman 90 menit dengan kandungan 3% *silane*, 93% *methanol* dan 1% kadar katalis dengan nilai rata – rata 0,1115 J/mm² (Taufik, 2017). Kekuatan *impact* suatu material menunjukkan kemampuan dari material tersebut untuk menyerap dan menghilangkan energi pada saat menerima beban benturan atau beban kejut (Bogusz dkk., 2012). Akan tetapi, pada perlakuan *silane* dapat timbul *debonding* karena ikatan antara serat dan matrik menjadi tidak sempurna karena terhalang oleh lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, sehingga terjadi lepasnya ikatan antara serat dengan matrik dan menyebabkan terbentuknya lubang pada matrik. Material komposit merupakan kombinasi beberapa material makroskopis maupun mikroskopis dari dua atau lebih komponen yang berbeda, yang bertujuan untuk mendapatkan material yang memiliki sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik dari sifat komponen penyusun awalnya (Suarsana dkk., 2021). Menurut (Sepe dkk., 2017) yang meneliti tentang pengaruh perlakuan kimia pada sifat mekanis komposit yang diperkuat serat rami, pada penelitian tersebut dilakukan uji tarik pada komposit yang di perkuat serat rami yang sudah diberi perlakuan 1%, 5% NaOH dan 1%, 5%, dan 20% Silane yang dilarutkan pada pelarut *ethanol/aquades* dengan rasio 80/20 dengan dilakukannya *prehydrolyzed* selama 1 jam pada larutan, didapatkan hasil untuk kekuatan tarik terbaik pada 1% *Silane* yaitu 58,47 MPa dan untuk NaOH terbaik pada perlakuan 5% yaitu dengan nilai 49,47 MPa. Modifikasi serat alam secara kimia dapat memperbaiki adhesi antara serat dan matriks. Sifat mekanik meningkat dikarenakan ikatan antarmuka dari masing-masing variasi komposisi saling mengikat atau memberikan penguatan. Silane bekerja pada *interface* antara bagian anorganik dan bahan organik untuk menggabungkan dua material yang tidak sama tersebut (Pan dkk., 2020). Ikatan antarmuka yang lemah dapat diperbaiki dengan cara menambahkan *coupling agent* atau modifikasi pada permukaan serat. Modifikasi permukaan serat batang jelatang secara kimia dapat dilakukan dengan perlakuan silane yang dapat menghilangkan lignin dan hemiselulosa pada serat. Silane akan meningkatkan ikatan juga menghindari terjadinya pelepasan ikatan antara serat dengan matriks (*debonding*) antarmuka selama komposit digunakan. *Debonding* terjadi karena ikatan antara serat dan matriks menjadi tidak sempurna karena terhalang oleh lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, sehingga terjadi lepasnya ikatan antara serat dengan matrik dan menyebabkan terbentuknya lubang pada matriks (Maryanti dkk., 2011).

Penelitian ini fokus menganalisis pengaruh lama perendaman serat jelatang dalam larutan kimia untuk mengetahui perubahan sifat mekanik komposit hibrid. Larutan yang digunakan dalam perendaman serat jelatang adalah NaOH dan Silane. Penelitian ini menguji pengaruh lama perendaman: 30, 60, 90 dan 120 menit serat jelatang dengan larutan NaOH dan Silane pada penguatan material komposit epoksi terhadap sifat kekerasan dan ketangguhan. Bahan spesimen dibuat dengan metode *hand lay-up*, panjang serat 5 mm dan orientasi serat acak. Deskripsi rinci objek penelitian dan protokol eksperimental disajikan di bagian materi dan metode. Hasil pengukuran akan disajikan dan dianalisis pada bagian hasil dan pembahasan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Material

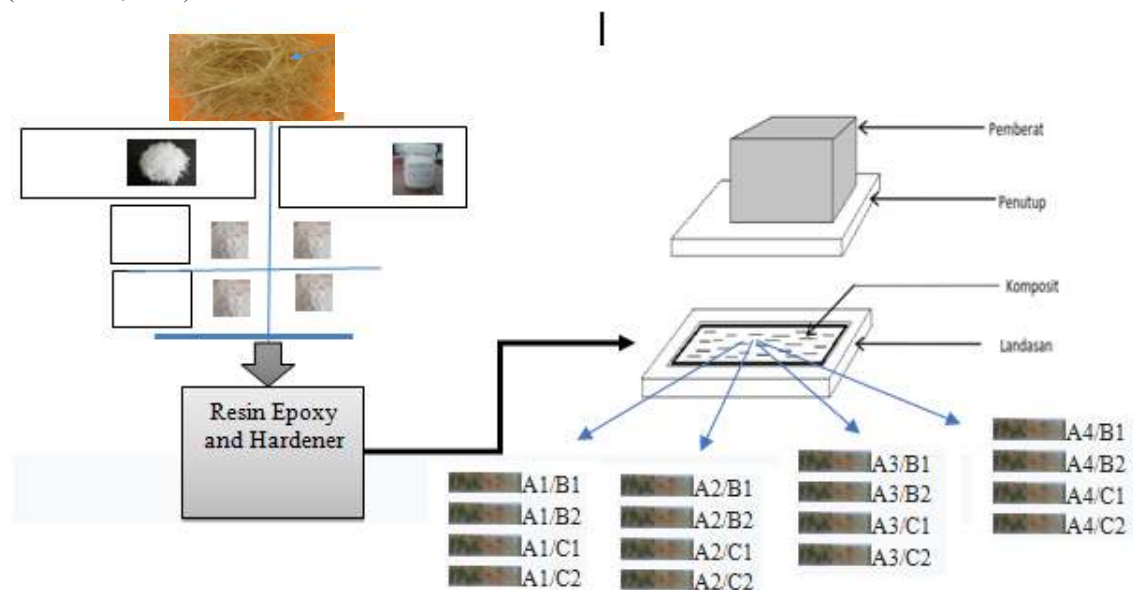
Batang jelatang dipanen dari Pupuan, Tabanan, Bali Indonesia dan setiap tanaman yang dipanen memiliki tinggi minimal 50 cm, sehingga spesimen memiliki karakteristik fisik yang sama. Natrium Hidroksida (NaOH) merupakan salah satu senyawa ion yang bersifat basa kuat, kaustik dan memiliki sifat korosif dan higroskopik

(menyerap air). Bahwa senyawa ini memiliki tingkat kelarutan yang sangat tinggi. Perlakuan alkali ini juga membantu mengkasarkan permukaan serat yang mana akan meningkatkan ikatan antar serat dan polimer (Putu dkk., 2007). Serat yang telah kering kemudian direndam pada larutan Alkali (NaOH) untuk menghilangkan bahan pengotor yang terdapat pada serat alami. Perendaman menggunakan alkali NaOH 5% selama 2 jam bertujuan untuk menghilangkan lignin yang masih tersisa pada serat, sehingga yang tersisa hanya serat saja (Diharjo, 2006).

Silane merupakan material perantara yang digunakan untuk membuat ikatan antara dua material khusus, sehingga silane disebut sebagai *coupling agent*. Perlakuan silane diterapkan dengan cara mencampur silane dengan pelarut ethanol dan air suling dengan perbandingan 80:20, yang pencampurannya dapat dilakukan di dalam wadah. Bahan kimia berupa NaOH dan silane didapat dari PT. Brataco Ltd. Resin dan pengeras epoksi yang dibeli secara online melalui CV Subur Kimia Jaya Bandung Indonesia digunakan untuk membentuk matriks. Jelatang dipanen dari Pupuan, Tabanan Bali, Indonesia. Air suling digunakan untuk mencuci serat, dan NaOH digunakan untuk menghilangkan lignin dari serat. Gliserin diaplikasikan agar material komposit tidak menempel pada cetakan. Silane dan NaOH didapat dari PT. Brataco Ltd di Indonesia. Proses cetak *hand lay-up* dilakukan dengan menuangkan resin kedalam serat yang sudah tersusun secara acak kemudian memberi tekanan sekaligus meratakan permukaan menggunakan kuas. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar. Metode *hand lay-up* ini biasanya di gunakan pada komponen yang sangat besar, seperti komponen kapal laut, bodi kendaraan, bak mandi, perahu

2.2 Prosedur penelitian

Batang jelatang yang diambil dijemur kemudian direndam dalam air untuk mengekstrak seratnya. Serat diambil dengan cara dekortikasi, yaitu serat dipisahkan dengan hati-hati dari kulit kayu menggunakan alat sederhana atau dengan tangan. Proses *retting* dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Teknik Mesin Universitas Udayana. Serat jelatang memiliki kepadatan rata-rata $0,72 \text{ g/cm}^3$ dan kekakuan spesifik yang tinggi (Bacci dkk., 2009).

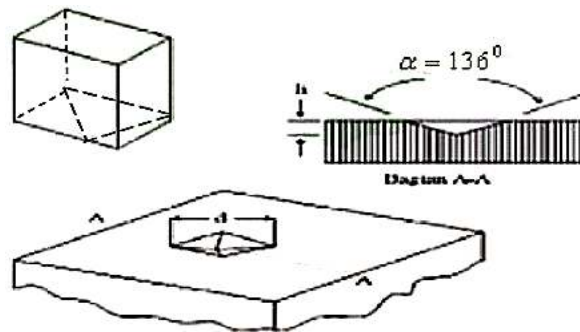


Gambar 1. Ilustrasi prosedur pembuatan spesimen

Spesimen uji dicetak dengan alat cetakan *hand lay-up*. Alat ini terdiri dari kayu dan kaca yang dibuat sesuai ukuran standart. Kaca sebagai landasan dan penutup yang berfungsi agar hasil cetakan komposit pada saat selesai dicetak mendapatkan hasil yang rata dan juga saat pencetakan tidak keluar dari cetakan. Selanjutnya diberikan pemberat diatasnya agar komposit pada saat dicetak lebih padat dan tidak berserakan. Ilustrasi prosedur pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 1.

2.3 Analisis data

Kekerasan adalah ketahanan bahan rekayasa terhadap penetrasi atau deformasi. Pengujian ini menggunakan metode kekerasan dengan alat yang digunakan berupa micro hardness tester yang terbuat dari berlian berbentuk piramida sebagai indentornya. Sudut antar muka piramida = 136° . Bentuk hasil identasi dapat ditunjukkan pada gambar 2.



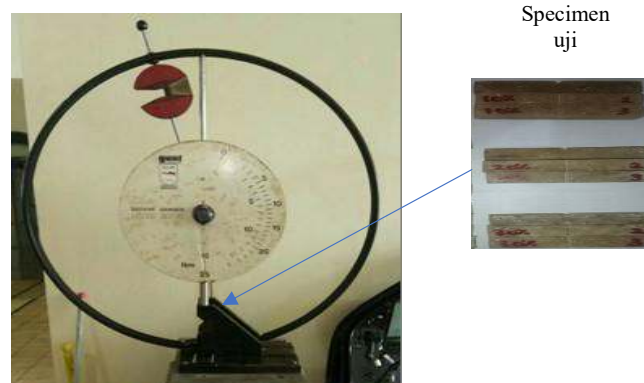
Gambar 2. Skema pengujian kekerasan

Standar rentang kekuatan yang digunakan dalam pengujian kekerasan adalah ASTM E-384 untuk rentang mikro (10-1000 gr), standar ASTM E-92 untuk rentang makro (1-100 kg), dan standar ISO 6507 untuk rentang mikro dan makro. Nilai kekerasan dapat dicari dengan persamaan (1):

$$VHN = 1,854 P / (d \text{ rata-rata})^2 \quad (1)$$

dengan d rata-rata = $(d_1 + d_2) / 2$, VHN menyatakan angka kekerasan Viker, P adalah beban (kgf), d_1 adalah panjang diagonal 1, d_2 adalah panjang diagonal 2.

Pengujian ketangguhan bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material hingga material itu patah. Dimensi spesimen uji impact adalah 12,7 x 12,7 x 63,5 mm, memiliki takik (notch) berbetuk V dengan sudut 45° dan kedalaman 2 mm. Pengujian menggunakan standar ASTM D 256, yang dilakukan seperti pada gambar 3 terlihat pengujian Impact



Gambar 3. Alat pengujian impact

Pengujian *Impact* itu sendiri merupakan respon terhadap beban kejut. Pada pengujian *Impact* metode *Charpy* posisi spesimen uji di *clamp* secara horizontal pada ragum. Beban dari pengujian *impact* didapatkan dari benturan dari pendulum yang dilepaskan dari posisi ketinggian h . Ketika dilepaskan pendulum akan terbentur dan mematahkan spesimen yang telah di *clamp* pada posisi takik yang membelakangi pendulum. Pendulum akan melanjutkan ayunan untuk menapai ketinggian maksimum h' yang lebih rendah dari h . Energi yang diserap dapat dihitung dari perbedaan potensial sebagai tolak ukur ukuran dari energi *Impact*.

$$E = mgl (\cos \alpha - \cos \beta) \quad (2)$$

E adalah energi total (Nm), m menyatakan massa pendulum (Kg), g adalah gravitasi (m/s^2), l adalah panjang lengan (m), α menyatakan sudut awal pendulum, β adalah sudut akhir pendulum setelah mematahkan spesimen. Luas penampang dari benda uji adalah A (mm^2) pada daerah takik sebelum patah, W adalah berat pendulum maka dapat dihitung kekuatan *impact* (I_s) dari material:

$$I_s = E/A = W.l (Cos \alpha - Cos \beta)/A \tag{3}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses pengambilan data pengujian

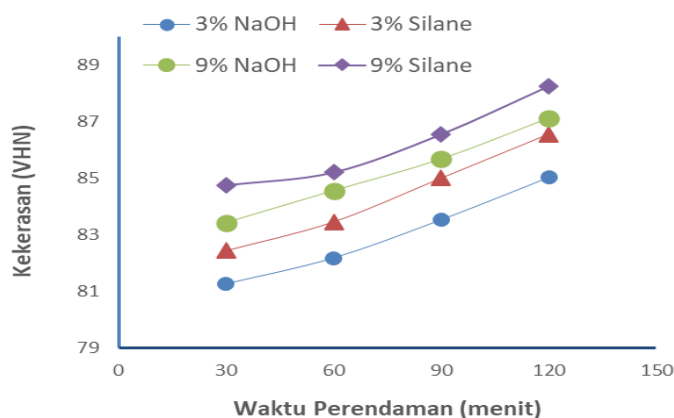
Pembuatan hibrid resin komposit diawali dengan variasi perendaman serat jelatang pada NaOH dan Silane dengan konsentrasi 3% dan 9%, masing-masing selama 30, 60, 90, dan 120 menit. Gliserin dioleskan tipis dan merata di bagian dalam cetakan komposit. Resin dan katalis dicampur dengan proporsi 1% katalis dalam gelas ukur, setelah itu kedua komponen diaduk sampai tercampur rata. Serat jelatang dimasukkan ke dalam campuran resin dan diaduk hingga tercampur rata. Campuran serat dan resin dituang ke dalam cetakan, diratakan, dan diberi tekanan 10 psi agar penguat dan pengikat merata ke seluruh bagian cetakan (Suryawan dkk., 2020). Urutan proses pembuatan spesimen dengan cetakan hand lay up prosesnya diilustrasikan seperti pada Gambar 1. Hasil data pengujian kekerasan dapat dilihat pada tabel 1. Perbedaan dalam perendaman serat adalah 30, 60, 90, dan 120 menit. Untuk specimen uji masing-masing pada perlakuan NaOH dan Silane dengan konsentrasi 3% dan 9% dibuat sesuai dengan standar uji.

Tabel 1. Hasil uji kekerasan dan ketangguhan komposit penguat serat jelatang

Waktu Perendaman (menit)	Kekerasan (VHN)				Ketangguhan (kJ/m ²)			
	3%		9%		3%		9%	
	NaOH	Silane	NaOH	Silane	3% NaOH	Silane	NaOH	Silane
30	81,245	82,435	83,42	84,755	4,470	4,878	5,124	6,056
60	82,165	83,456	84,553	85,213	4,685	5,167	5,556	6,658
90	83,523	85,003	85,675	86,554	4,965	5,855	6,425	7,255
120	85,025	86,558	87,124	88,254	5,556	6,334	6,858	7,459

3.2 Pembahasan data uji kekerasan

Pada gambar 4 terlihat hubungan hasil nilai kekesaran dengan variasi perendaman serat pada larutan kimia NaOH dan Silane sebagai penguat hibrid komposit menggunakan alat uji kekerasan vickers. Kekerasan hibrid komposit serat jelatang dengan lama perendaman serat 30 menit dengan 3% konsentrasi larutan NaOH nilai terendah adalah 81,245 VHN dan dengan larut Silane terendah adalah 82,435 VHN. Sedangkan nilai kekerasan hibrid komposit serat jelatang dengan lama perendaman serat 120 menit dengan 9% larutan NaOH nilai tertinggi adalah 85,025 VHN dan dengan larut Silane tertinggi adalah 88,254 VHN. Kekerasan komposit serat jelatang semakin meningkat dengan bertambah lama perendaman baik dengan larutan NaOH maupun Silane. Perlakuan perendaman serat jelatang memberikan pengaruh terhadap sifat kekerasan material hibrid komposit secara signifikan. Hasil uji nilai kekerasan dapat ditunjukkan pada gambar 4 berikut:

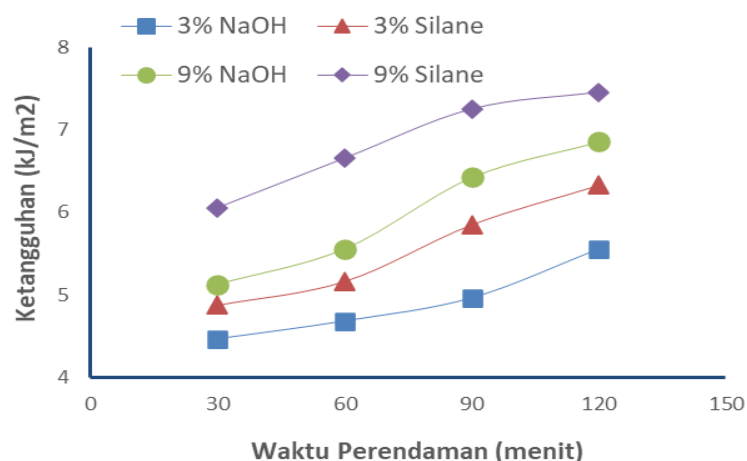


Gambar 4. Hubungan antara waktu perendaman dengan kekerasan

Perlakuan serat sangat berpengaruh terhadap hasil sifat kekerasan material komposit, dimana pada penelitian ini semakin lama waktu perendaman serat pada lauran NaOH maupun Silane memberikan efek semakin tinggi pula sifat kekerasan hibrid komposit. Sejalan dengan penelitian (Khalidi and Rajab 2018) pada komposit epoxy partikel, semakin banyak jumlah dan semakin besar diameter partikel penguat maka kekerasan komposit partikel akan semakin tinggi.

3.3 Pengujian ketangguhan komposit

Pada gambar 5 hasil pengujian ketangguhan (*impack*) material, pengujian ini dilakukan karena dalam aplikasi sering material menerima beban kejut. Kekuatan impak komposit ditest dengan metode *Charpy Tester* di Laboratorium Metalurgi teknik Mesin Udayana. Sampel uji dibuat dengan ukuran $63.5 \times 12.7 \times 12.7 \text{ mm}^3$ ditengah-tengah dibuat takikan sesuai ASTM D256. Pengujian dilakukan pada kondisi temperatur lingkungan kamar. Hasil menunjukkan pengujian impak pada hibrid komposit serat jelatang dengan lama perendaman 30 menit dengan larutan NaOH nilai ketangguhan terendah adalah $4,470 \text{ kJ/m}^2$ dan dengan larutan Silane terendah adalah $4,878 \text{ kJ/m}^2$. Nilai kekuatan impak meningkat akibat bertambah lama perendaman serat di dalam larutan kimia NaOH maupun Silane. Peningkatan ketangguhan material hibrid komposit dengan penguat serat memberikan pengaruh secara signifikan. Nilai ketangguhan tertinggi dari Hibrid komposit penguat serat jelatang dalam penelitian ini didapat pada perendaman 120 menit, perlakuan konsentrasi 9% NaOH sebesar $6,858 \text{ kJ/m}^2$. Sedangkan perlakuan dengan Silane, ketangguhan tertinggi pada lama perendaman 120 menit dengan nilai ketangguhan $7,459 \text{ kJ/m}^2$. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan *impact* terhadap spesimen komposit yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.



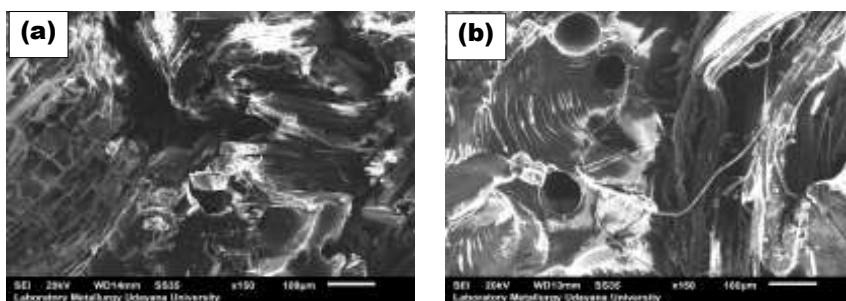
Gambar 5. Hubungan antara waktu perendaman dengan ketangguhan

Gambar 5 menunjukkan hasil semakin lama waktu perendaman serat pada laurutan NaOH maupun Silane secara lansung memberikan efek terhadap sifat ketangguhan material hibrid komposit. Sejalan dengan hasil penelitian oleh (Pokhriyal dkk., 2018) pada komposit epoksi yang diperkuat serat jelatang Himalaya (*Girardinia diversifolia L.*) metode pembuatan *hand lay-up*. Hasil kekuatan impak meningkat dengan penambahan berat serat. Penelitian oleh (Singhal dkk., 2016) pada epoxy/nettle dengan fraksi berat serat 20%, serat sebelumnya dipanaskan terlebih dahulu dalam oven pada suhu 80°C selama 6 jam. Metode pembuatan *hand lay up*, pemberat 20kg diletakkan diatas cetakan selama 24 jam. Nilai kekuatan impak adalah 15 KJ/m^2 . Untuk meningkatkan kekuatan impak komposit jelatang bisa dilakukan dengan pemilihan lama perendaman serat dan penambahan fraksi serat ke dalam matriks dengan teknik produksi yang tepat, karena perubahan bentuk serat mampu menyerap energi kejut lebih besar. Jadi hasil penelitian dengan perlakuan perendaman serat jelatang memberikan pengaruh terhadap sifat ketangguhan material hibrid komposit secara signifikan.

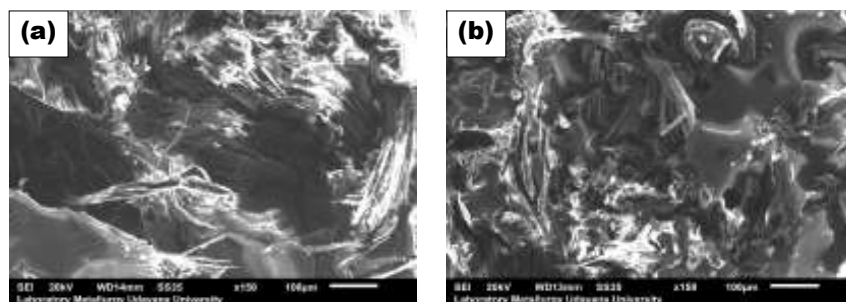
3.4 Pengamatan scanning electron microscope (SEM)

Pada gambar 6 dan 7 ditunjukkan hasil dukungan dari pengamatan spesimen dengan Scanning Electron Microscope secara morfologi. Perlakuan dikenakan pada specimen uji adalah lama perendaman pada larutan NaOH dan Silane konsentrasi 3% dan 9% pada lama perendaman 30 dan 120 menit. Gambar 6 untuk lama perendaman 30 menit dan perlakuan serat dengan NaOH serta Silane 3% yang merupakan hasil kekerasan dan ketangguhan terendah didapatkan hasil pengamatan SEM menunjukkan terdapat serat *pullout* dari matriks, serta terlihat pendistribusian serat pada material uji tidak cukup merata yang menyebabkan terjadinya penggumpalan pada matriks. Gambar 7 untuk lama perendaman 120 menit dan perlakuan serat dengan NaOH serta Silane 9%

yang merupakan hasil kekerasan dan ketangguhan tertinggi didapatkan hasil pengamatan SEM, terlihat memiliki hubungan antar serat dan matriks dengan ikatan yang sangat erat dan sedikit terdapat ruang kosong atau pori serta terlihat pendistribusian serat pada material uji cukup merata yang menyebabkan kekerasan dan ketangguhan tinggi.



Gambar 6. Foto SEM lama perendaman 30 menit, konsentrasi 3% (a) larutan NaOH (b) Silane



Gambar 7. Foto SEM lama perendaman 120 menit, konsentrasi 9% (a) larutan NaOH (b) Silane

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa komposit hibrid resin epoksi penguat serat jelatang dengan perlakuan perendaman serat pada larutan NaOH serta Silane memberikan efek pengaruh yang signifikan terhadap sifat kekerasan dan ketangguhan. Kekerasan hibrid komposit serat jelatang dengan lama perendaman serat 30 menit dengan larutan NaOH dan silane dimana nilai terendah sebesar 81,425 VHN dan 82,485 VHN. Sedangkan nilai kekerasan tertinggi dengan lama perendaman serat 120 menit dengan larutan NaOH dan Silane sebesar 85,025 dan 88,254 VHN. Untuk hasil nilai ketangguhan pada hibrid komposit serat jelatang dengan lama perendaman 30 menit dengan larutan NaOH dan silane terendah sebesar 4,470 kJ/m² dan 4,878 kJ/m². Nilai ketangguhan tertinggi dari Hibrid komposit penguat serat jelatang pada penelitian ini adalah dengan perendaman 120 menit, perlakuan 9% konsentrasi larutan NaOH dan silane sebesar 6,858 kJ/m² dan 7,459 kJ/m². Nilai ketangguhan dan kekerasan meningkat akibat bertambah lama perendaman serat di dalam larutan kimia NaOH maupun Silane. Peningkatan ketangguhan material hibrid komposit dengan penguat serat baik perlakuan NaOH dan Silane memberikan pengaruh secara signifikan. Kekuatan dan ketangguhan terbaik dalam penelitian ini adalah efek lama perendaman pada larutan Silane konsentrasi 9% selama 120 menit. Komposit hibrid resin epoksi dapat diaplikasikan pada komponen *body* kendaraan dan juga pada komponen kapal laut serta *speed boat* yang sifatnya tahan karat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Metalurgi dan Laboratorium Proses Produksi serta Laboratorium Fenomena Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kepala Laboratorium Metalurgi Institut Teknologi (ITN) Malang dan Kepala Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang atas fasilitas penelitian dan bimbingannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bacci, L., Baronti, S., Predieri, S., Virgilio, N., Fiber yield and quality of fiber nettle (*Urtica dioica* L.) cultivated in Italy, *Jurnal Industrial Crops and Products*, 29(2-3), 480-484, 2009.
- Bodros, E., Baley, C., Study of the tensile properties of stinging nettle fibres (*Urtica Dioica*), *Jurnal Material*

- Letters, 62(14), 2008.
- Bogusz, P., Ochelski, S., Panowicz, R., Niezgodna, T., Barnat, W., Influence of loading rate on energy absorption performance of epoxy composites reinforced with glass fabric, *Jurnal Composites Theory and Practice*, 12(2), 110–114, 2012.
- Diharjo, K., Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-polyester, *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), 8–13, 2006.
- Hegi, G., *Illustrierte flora von mitteleuropa I/3 spermatophyta, Angiospermae, Monocotyledones* 1(2), 1998.
- Jie, Q., Li, Y., Lv, G., Jiang, X., Yuan, S., Effect of silica modified by silane coupling agent on properties of epoxy resin composites, *Journal of Physics: Conference Series*, 2256(1), 2022.
- Kasim, A.N., Selamat, M.Z., Daud, M.A.M., Yaakob, M.Y., Putra, A., Sivakumar, D., Mechanical properties of polypropylene composites reinforced with alkaline treated pineapple leaf fibre from jospine cultivar, *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 13(1), 3157–3167, 2016.
- Maryanti, B., Sonief, A., Wahyudi, S., Pengaruh alkalisasi komposit serat kelapa-poliester terhadap kekuatan tarik, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2(2), 123–129, 2011.
- Nurazzi, N.M., Shazleen, S. S., Aisyah, H. A., Asyraf, M. R. M., Sabaruddin, F. A., Mohidem, N. A., Norraahim, M.N.F., Kamarudin, S.H., Ilyas, R.A., Ishak, M.R., Abdullah, N., Nor, N.M., Effect of silane treatments on mechanical performance of kenaf fibre reinforced polymer composites: a review, *Jurnal Functional Composites and Structures*, 3(4), 2021.
- Pan, Y., Zhang, M., Zhang, J., Zhu, X., Bian, H., Wang, C., Effect of silane coupling agent on modification of areca fiber/natural latex, *Jurnal Materials*, 13(21), 1–14, 2020.
- Pokhriyal, M., Prasad, L., Rakesh, P., Raturi, H., Influence of fiber loading on physical and mechanical properties of Himalayan nettle fabric reinforced polyester composite, *Prosiding Materials Today: Proceedings*, 2018.
- Putu, N., Suardana, G., Dwidiani, N.M., Teknik, J., Fakultas, M., Universitas, T., Bukit, K., Badung, J., Pengaruh waktu treatment serat terhadap sifat mekanik komposit serat tapis kelapa, *Jurnal Teknik Industri*, 8(2), 188–192, 2007.
- Sepe, R., Bollino, F., Boccarusso, L., Caputo, F., Influence of chemical treatments on mechanical properties of hemp fiber reinforced composites, *Jurnal Composites Part B: Engineering*, 133, 2017.
- Singhal, A., Debnath, K., Singh, I., Daniel, B., Critical parameters affecting mechanical behavior of natural fiber reinforced plastics, *Journal of Natural Fiber*, 13, 2016.
- Suarsana, K., Suardana, N.P.G., Negara, D.P., Sunu, P.W., Triadi, A.A., The effect of the compressive force of making SiCw/Al₂O₃ reinforced hybrid composites with mg wetting agent on physical and mechanical properties, *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, 11(1), 23–31, 2021.
- Suryawan, I.G.P.A., Suardana, N.P.G., Winaya, I.N.S., Suyasa, I.W.B., A Study on correlation between hardness and thermal conductivity of polymer composites reinforced with stinging nettle fiber, *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 11(1), 94–104, 2020.
- Taufik, S.A., Pengaruh silane treatment dan fraksi volume serat terhadap kekuatan impact komposit serat sabut kelapa- polyester. Skripsi Universitas Negeri Semarang (UNNES), 2017.
- Xie, Y., Hill, C.A.S., Xiao, Z., Militz, H., Mai, C., Silane coupling agents used for natural fiber/polymer composites: A review, *Jurnal Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41(7), 806–819, 2010.