

MODIFIKASI SERAT ALAM DAN KARAKTERISASINYA SEBAGAI PENGUAT MATERIAL KOMPOSIT

Umi Lailatul Jamilah¹, Elok Hidayah²

¹Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

²Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, Universitas KH. Mukhtahar Syafaat

Email: umilailatul@unej.ac.id

Received
Agustus 2024

Revised
Agustus 2024

Published
September 2024

Abstract

Environmental concerns have influenced a number of researchers to develop nature-based composite materials. These composite materials are composed of fibers and matrix, which are partially or completely derived from nature. Natural fibers are widely applied to reduce the utilization of synthetic fibers. However, natural fibers have hydrophilic properties that make it difficult to interact with the matrix, which tends to be hydrophobic. This condition results in the weak mechanical strength of natural fiber-reinforced composite materials. It is necessary to modify the surface of natural fibers, so that the interaction between natural fibers and the matrix can be improved, so that the resulting mechanical strength also increases. A number of analyses on natural fiber surface modification are discussed in this article to discuss the effect of each natural fiber surface modification method, as well as its characteristics when applied as reinforcement in composite materials. The analysis in this article includes several modification methods such as: alkalization, silane, and acetylation, as well as composite mechanical characteristics such as: tensile strength and elastic modulus. The analysis process is carried out by collecting several reference sources from books, and scientific articles accredited by national or international journals. Among the three methods analyzed, alkalization is the most widely applied method for natural fiber surface modification.

Keywords: Composite Materials, Natural Fibers, and Natural Fiber Modification

Abstrak

Kepedulian lingkungan telah mempengaruhi sejumlah peneliti untuk mengembangkan material komposit berbahan dasar alam. Material komposit ini tersusun atas serat dan matriks, yang sebagian atau seluruhnya berasal dari alam. Serat alam banyak diaplikasikan untuk mengurangi pemanfaatan serat sintesis. Namun demikian, serat alam memiliki sifat hidrofilik sehingga sulit berinteraksi dengan matriks yang cenderung hidrofobik. Kondisi ini berakibat pada lemahnya kekuatan mekanik material komposit berpenguat serat alam. Perlu dilakukan modifikasi terhadap permukaan serat alam, supaya interaksi antar serat alam dan matriks dapat ditingkatkan, sehingga kekuatan mekanik yang dihasilkan juga mengalami peningkatan. Sejumlah analisis mengenai modifikasi permukaan serat alam dibahas dalam artikel ini untuk mendiskusikan pengaruh dari masing-masing metode modifikasi permukaan serat alam, serta karakteristiknya saat diaplikasikan sebagai penguat dalam material komposit. Analisis dalam artikel ini meliputi beberapa metode modifikasi seperti: alkalisasi, silane, dan asetilasi, serta karakteristik mekanik komposit seperti: kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Proses analisis dilakukan dengan mengumpulkan beberapa sumber rujukan dari buku, dan artikel ilmiah yang terakreditasi jurnal nasional ataupun internasional. Diantara ketiga metode yang dianalisis, alkalisasi merupakan metode yang banyak diaplikasikan untuk modifikasi permukaan serat alam.

Kata kunci: Material komposit, Serat alam, dan Modifikasi serat alam

PENDAHULUAN

Material komposit merupakan suatu material hasil dari kombinasi dua atau lebih material berbeda, yang mana masing-masing penyusunnya berfungsi sebagai penguat dan matriks guna memperoleh karakteristik material baru yang lebih baik [1]. Material komposit yang terdiri dari penguat dan matriks yang *biodegradable* disebut *green composite* [2]. *Green composite* muncul sebagai alternatif yang nyata sebagai pengganti komposit yang diperkuat bahan sintesis (serat gelas), karena *green composite* berasal dari sumber

daya terbarukan setyant[3]. Dengan adanya material *green composite* maka dapat membantu dalam menjaga kelestarian lingkungan dan keberlanjutan, karena *green composite* adalah material ramah lingkungan. Material komposit sendiri telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang industri, yaitu industri otomotif, industri pesawat terbang, industri peralatan olahraga, industri bahan bangunan dan industri manufaktur lainnya [4].

Karakteristik material komposit terutama bergantung pada material penyusunnya dan teknik pembuatannya [4]. Matriks pada material komposit berfungsi untuk menggabungkan penguat secara bersama dan melindungi penguat dari lingkungan. Matriks meneruskan beban yang diterima komposit pada penguat dan menahan tekanan beban untuk mencegah kerusakan dini. Matriks juga memberikan sifat ketangguhan, toleransi kerusakan, ketahanan terhadap dampak dan abrasi pada komposit [5]. Sementara, penguat berfungsi memberikan kekuatan, kekakuan, menghambat terjadinya retak, dan mengurangi biaya [6]. Salah satu penguat yang sering digunakan adalah serat alam. Serat alam memiliki kekuatan spesifik yang tinggi dan berkelanjutan, yang membuat serat alam menjadi pilihan tersendiri sebagai penguat dalam berbagai matriks polimer [7]. Disamping penyusun material komposit matriks dan penguat, teknik pembuatan material komposit juga penting dalam menentukan karakteristik material komposit yang dihasilkan.

Karakteristik material komposit yang baik ditunjukkan oleh daya ikat (*interfacial bonding*) antara penguat dan matriks yang kuat sehingga menghasilkan sifat fisis dan mekanik yang baik. *Interface* penguat dan matriks memiliki fungsi yang sangat penting yaitu meneruskan beban dari matriks kepada penguat. *Interface* ini dipengaruhi oleh proses pengikatan penguat matriks yang bergantung pada kekuatan adhesi antara penguat dan matriks. Perlakuan permukaan penguat adalah faktor penting dalam menentukan sifat dan tingkat adhesi yang dihasilkan oleh penguat dan matriks [6]. Secara umum yang menyebabkan terjadinya ikatan adhesi yang baik antara penguat dan matriks adalah kekasaran permukaan. Semakin kasar permukaan, semakin banyak luas permukaan untuk penetrasi dan berikatan dengan perekat. Selain itu, permukaan harus bersih, perekat harus mengalir dan meresap pada permukaan secara menyeluruh, dan secara kimia terjadi gaya tarik menarik pada permukaan untuk mengikat perekat [5]. Dengan demikian penting dipelajari cara untuk modifikasi permukaan dari penguat material komposit yang digunakan agar menghasilkan daya ikat (*interfacial bonding*) antara penguat dan matriks yang kuat. Kekasaran permukaan serat alam dapat ditingkatkan melalui modifikasi permukaan serat alam. Artikel ini dibuat untuk mendiskusikan beberapa metode modifikasi serat alam meliputi, alkalisasi, silane, dan aasetilasi beserta karakterisasinya setelah diaplikasikan sebagai penguat dalam material komposit. Melalui artikel ini juga dibahas metode modifikasi serat alam yang efektif, dan sering dimanfaatkan untuk modifikasi permukaan serat alam saat diaplikasikan untuk penguat dalam sintesis material komposit.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif. Artikel ini ditulis berdasarkan analisis deskriptif melalui studi Pustaka dari berbagai referensi. Studi Pustaka dilakukan dengan mengumpulkan seluruh informasi yang berkaitan dengan modifikasi serat alam beserta karakterisasinya sebagai penguat material komposit. Sumber rujukan studi Pustaka diperoleh dari buku dan artikel ilmiah yang terakreditasi nasional ataupun internasional. Hasil dari analisa ditulis dalam bentuk tabel yang menunjukkan proses modifikasi dari serat alam dan juga hasil karakterisasinya, sehingga diketahui informasi terkait efektivitas modifikasi serat alam yang tepat untuk mendapatkan karakteristik serat alam yang baik. Karakteristik serat alam yang baik ditunjukkan oleh kemampuan serat alam dalam berikatan dengan perekat atau matriks sehingga bisa menghasilkan karakteristik material komposit terbaik. Karakteristik material komposit bisa ditunjukkan dari sifat fisis dan mekanik dari material tersebut seperti sifat tarik, lentur (*bending*), dampak, dan lain-lain.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Material *green composite* atau disebut dengan material komposit ramah lingkungan adalah material komposit yang penyusunnya berasal dari alam yang mudah terbiodegradasi [2]. Serat alam bisa menjadi alternatif sebagai penguat dalam sintesis material komposit dengan matriks polimer. Hal ini disebabkan karena serat alam memiliki sifat yang baik, seperti kekuatan spesifik tinggi, densitas yang rendah, harga murah, sifat mekanik cukup baik, dan bersifat *biodegradable* atau ramah lingkungan [8]. Namun demikian ada hal yang penting untuk diperhatikan dalam membuat material *green composite* diantaranya adalah karakteristik masing-masing material penyusunnya serta kemampuan matriks dan serat dalam berikatan atau disebut dengan daya ikat (*interfacial bonding*). Semakin kuat *interfacial bonding* antara serat dan matriks maka karakteristik material *green composite* akan semakin baik. Salah satu cara untuk meningkatkan *interfacial bonding* antara serat dan matriks adalah dengan memberi perlakuan kepada serat atau disebut dengan modifikasi permukaan

serat. Permukaan serat dapat dimodifikasi secara kimia dengan berbagai metode, secara umum metode yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

1. Metode Alkalisasi

Perlakuan alkalisasi adalah salah satu perlakuan kimiawi serat alam yang paling banyak digunakan. Alkalisasi menyebabkan peningkatan jumlah selulosa amorf dan mampu menghilangkan ikatan hidrogen dalam struktur jaringan sehingga menurunkan sifat hidrofilik pada serat. Reaksi yang timbul antara serat alam dan larutan alkali dalam proses modifikasi permukaan serat alam ditunjukkan dalam persamaan (1) berikut ini:



Hasil dari penetrasi natrium hidroksida ke daerah kristal selulosa induk, menghasilkan alkali selulosa. Kemudian, setelah membersihkan NaOH yang tidak bereaksi, terjadi pembentukan selulosa yang diregenerasi [9].

Perlakuan alkalisasi dapat meningkatkan efek ikatan hidrogen dan dapat menghilangkan pengotor pada permukaan serat dan membuat diameter menjadi lebih kecil. Secara umum, ketika serat semakin kecil maka kekuatan material komposit semakin tinggi [5]. Selain itu, perlakuan alkalisasi tidak hanya mampu meningkatkan sifat mekanik, membuat serat memiliki permukaan kasar, dan menurunkan penyerapan air pada material komposit tetapi juga mampu meningkatkan jumlah selulosa amorf [10]. Semakin tinggi kandungan selulosa pada serat maka karakteristik serat semakin baik [11]. Kemudian, hilangnya komponen amorf dalam serat seperti hemiselulosa dan lignin dapat meningkatkan kekasaran permukaan serat, mengurangi gugus hidroksil, dan mengurangi sifat hidrofilik pada serat sehingga dapat meningkatkan kekuatan mekanik serat serta ikatan antara serat dan matriks [12]. Sejumlah penelitian yang memanfaatkan alkalisasi sebagai metode modifikasi permukaan serat diringkas dalam tabel 1, berikut dengan karakterisasi sifat mekaniknya saat diaplikasikan sebagai penguat dalam material komposit.

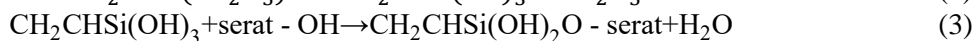
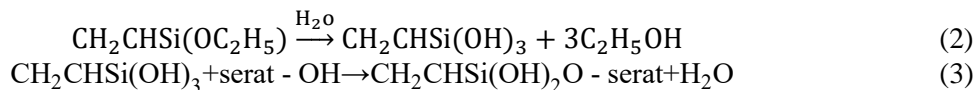
Tabel 1. Hasil Penelitian dari Modifikasi Permukaan Serat Menggunakan Alkalisasi

Ref	Serat Alam	Komposit	Metode Alkalisasi	Karakteristik Komposit
[13]	Serat <i>Hemp</i>	<i>Polypropylene</i> / Serat <i>Hemp</i>	Alkalisasi NaOH 10% wt, pada suhu 160°C, selama 45 menit	Kekuatan tarik 43,3 MPa
[14]	Serat Alfa	<i>Polyester</i> /Serat Alfa	Alkalisasi NaOH 7% wt, pada suhu 24°C, selama 24 jam	Kekuatan Tarik 25,11 MPa, Modulus Elastisitas 0,96 GPa, Kuat Lentur 33,12 MPa, dan Modulus Lentur 1,89 GPa
[15]	Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit	<i>Polypropylene</i> / Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit	Alkalisasi NaOH 5% wt selama 36 jam	Kekuatan Tarik 20,1 MPa
[16]	Serat Daun Nanas	<i>Polyester</i> /Serat Daun Nanas	Alkalisasi NaOH 7% wt, pada suhu 80°C, selama 1 jam	Kekuatan Tarik 29,75 MPa, Modulus Elastisitas 1322,3 MPa
[17]	Sabut Kelapa	<i>Epoxy</i> /Sabut Kelapa	Alkalisasi NaOH 10% wt, selama 2 jam	Kekuatan Impak 6,9 kJ/m ²
[18]	Serat Daun Nanas	<i>Polyester</i> /Serat Daun Nanas	Alkalisasi NaOH 20% wt, selama 3 jam	Kekuatan Tarik 42,9 MPa
[19]	Serat Rami	PLA/Serat Rami	Alkalisasi NaOH 8% wt, pada suhu 70°C selama 5 jam	Kekuatan Tarik 57,37 MPa, Modulus Elastisitas 248,25 MPa

2. Metode *Silane* (SiH₄)

Silane umumnya dilakukan untuk menggantikan gugus -OH dari serat alami dengan gugus *organosiloxo* sehingga serat menjadi hidrofobik. Agen penghubung *silane* yang paling umum adalah *tetraethyl orthosilicate* (TEOS), *3-amino propyltriethoxysilane*, dan *vinyl triethoxysilane*. Secara umum, zat penghubung terhidrolisis menjadi silanol dan membentuk ikatan / hubungan ester yang efektif dengan gugus karboksilat dari serat. Selain itu, ada kemungkinan pembentukan ikatan lain seperti hidrogen atau ikatan ester, yang sangat bergantung pada ketersediaan gugus fungsi seperti -NH₂ atau -OH [20].

Pada metode *silane*, rantai hidrokarbon mengurangi gangguan pada serat dengan menghasilkan infrastruktur *cross-linking*, sehingga matriks dan serat dapat berikatan secara kovalen [21]. Skema reaksi metode *silane* saat diaplikasikan dengan serat alam ditunjukkan pada persamaan (2) dan (3).



Dengan adanya ikatan kovalen antara serat dan matriks hasil dari metode *silane* maka *interfacial bonding* antara serat dan matriks meningkat sehingga mampu menghasilkan material komposit yang lebih baik. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa serat yang dimodifikasi menggunakan metode *silane* terbukti mampu menghasilkan material komposit yang memiliki kekuatan tarik lebih tinggi [22]. Tabel 2 berikut ini menunjukkan beberapa hasil penelitian yang menggunakan metode *silane* untuk modifikasi permukaan serat alam.

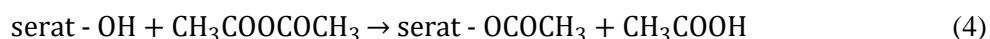
Tabel 2. Hasil Penelitian dari Modifikasi Permukaan Serat Menggunakan Metode *Silane*

Ref	Serat Alam	Komposit	Metode Silane	Karakteristik Komposit
[23]	Serat Ijuk	<i>Polypropylene</i> / Serat Ijuk	Vinyltrimethoxy silane 98% selama 15 menit	Kekuatan Tarik 23 MPa, Modulus Elastisitas 1098,51 MPa
[24]	Serat Kelapa Sawit	<i>Polyurethane</i> / Serat Kelapa Sawit	silane 2% (3-aminopropyl-triethoxysilane/methanol 90/10w) selama 3 jam	Kekuatan Tarik 17,22 MPa, Modulus Elastisitas 450 MPa, Kuat Lentur 13,96 MPa, Modulus Lentur 225 MPa
[25]	Serat <i>Flax</i>	Furan/ Serat <i>Flax</i>	EtOH 80% selama 2 jam	Kuat Lentur 232 MPa
[26]	Serat Kenaf	<i>Epoxy</i> / Serat Kenaf	Ethanol 95% selama 10 menit	Kekuatan Tarik 135 MPa, Modulus Elastisitas 6182 MPa, Kuat Lentur 207 MPa, Modulus Lentur 5746 MPa
[27]	Serat Bambu Apus	<i>Epoxy</i> / Serat Bambu Apus	Methanol selama 30 menit	Kekuatan Tarik 81,32 MPa, Modulus Elastisitas 239,85 MPa, Kuat Lentur 113,71 MPa, Modulus Lentur 777,40 MPa
[26]	Serat Kenaf	<i>Epoxy</i> / Serat Kenaf	silane murni 10%	Kekuatan Tarik 142 MPa, Modulus Elastisitas 6383 MPa, Kuat Lentur

				223 MPa, Modulus Lentur 5845 MPa
[28]	Serat Daun Nanas	Polyester/ Serat Daun Nanas	Triethoxy silane/ ethanol selama 6 jam	Kekuatan Tarik 57,4 MPa, Kuat Lentur 45 GPa

3. Metode Asetilasi

Modifikasi permukaan menggunakan metode asetilasi dilakukan dengan membuat reaksi senyawa organik dengan ion asetil CH_3COO^- . Pada reaksi anhidrida etanoat dan serat alami, anhidrida etanoat bereaksi pada sisi gugus hidroksil selulosa [29]. Dalam proses ini, gugus -OH dari serat diganti dengan gugus asetil. Serat yang dimodifikasi menggunakan asetilasi diketahui memiliki hidrofobisitas dan stabilitas termal yang lebih baik [20]. Skema reaksi untuk metode Asetilasi ditunjukkan dalam persamaan (4) berikut ini:



Serat pertama-tama direndam dalam asam asetat dan kemudian diolah dengan anhidrida asetat selama waktu tertentu pada suhu tinggi untuk mempercepat reaksi karena asam asetat dan anhidrida asetat tidak dapat bereaksi secara terpisah dengan serat. Secara umum tujuan dari asetilasi adalah untuk membungkus molekul yang memberikan sifat hidrofilik pada serat - gugus hidroksil (OH) dengan molekul yang memiliki sifat lebih hidrofobik. Tujuan dari teknik pelapisan ini adalah untuk mengubah kualitas permukaan serat sehingga lebih hidrofobik dan lebih kecil kemungkinannya untuk menyerap kelembapan [30]. Dengan demikian, sifat hidrofilik pada serat berkurang sehingga menghasilkan kompatibilitas yang lebih baik dengan matriks nonpolar dan bisa meningkatkan sifat mekanik komposit, seperti kuat tarik dan lentur [31]. Dalam beberapa kasus, asetilasi dapat didahului dengan perlakuan awal alkalisasi untuk hasil yang lebih baik [32]. Tabel 3 di bawah ini merupakan ringkasan dari sejumlah penelitian yang memanfaatkan metode asetilasi untuk modifikasi permukaan serat alam.

Tabel 3. Hasil Penelitian dari Modifikasi Permukaan Serat Menggunakan Metode Asetilasi

Ref	Serat Alam	Komposit	Metode Asetilasi	Karakteristik Komposit
[33]	Serat Sisal	Polyester/Serat Gelas/ Serat Sisal	Glacial acetic acid pada suhu 30°C selama 1 jam, dilanjutkan 50 ml dari acetic anhydride mengandung H_2SO_4 selama 5 menit	Kekuatan Tarik 117,34 MPa, Kuat Lentur 145 MPa, Kuat impak 165 J/m
[34]	Serat Flax	Polypropylene/ Serat Flax	Larutan asetilasi 18% (terdiri 250 ml toluene, 125 ml acetic anhydride dan sedikit catalyst perchloric acid (60%)), dengan suhu 60°C selama 3 jam	Kekuatan Tarik 40 MPa, Modulus Elastisitas 5000 MPa
[35]	Serat Sisal	Epoxy/ Serat Sisal	Glacial (acetic) acid (99.7%) selama 1 jam, kemudian dilanjutkan dengan 75 g dari acetic anhydride and 0.1 wt% dari sulfuric acid (96%) untuk katalis selama 5 menit	Kekuatan Tarik 224.70 ± 104.06 MPa, Modulus Elastisitas 11.70 ± 6.01 GPa

PENGARUH ALKALISASI, SILANE DAN ASETILASI TERHADAP SERAT ALAM

Modifikasi permukaan serat alam menjadi bagian penting dalam sintesis material komposit berpenguat serat alam. Sebelum diaplikasikan sebagai penguat dalam material komposit, serat alam yang diperoleh dalam bentuk *raw material* (bahan mentah), yang masih bercampur antara serat dengan pengotor saat proses dekortifikasi perlu dilakukan pembersihan terlebih dahulu [5], [22]. Pembersihan dilakukan secara bertahap, mulai dari pembersihan kasar, yaitu dengan memisahkan antara serat dengan pengotor. Selesai tahap pembersihan kasar, dilakukan pembersihan lanjutan, dengan memanfaatkan bahan kimia. Pembersihan

lanjutan ini dilakukan guna memisahkan bagian-bagian penyusun serat alam yang dapat menghalangi interaksi antara serat alam dan matriks polimer dalam material komposit. Komponen-komponen serat alam yang perlu dihilangkan antara lain adalah hemiselulosa dan lignin ([17], [19], [36]). Kedua komponen tersebut memiliki kecenderungan hidrofilik yang tinggi sehingga sulit berikatan dengan matriks polimer yang cenderung hidrofobik. Apabila kedua komponen tersebut berkurang atau hilang, maka serat alam menjadi lebih hidrofobik. Selain berfungsi untuk menghilangkan sejumlah komponen penyusun serat alam, pembersihan lanjutan juga berguna untuk meningkatkan kekasaran permukaan serat alam. Hilangnya komponen hidrofilik yang menyusun serat alam membantu meningkatkan kekasaran permukaan serat alam. Semakin tinggi tingkat kekasaran permukaan serat alam, maka semakin tinggi kemampuan serat untuk berinteraksi dengan matriks [37].

Pembersihan lanjutan terhadap serat alam dapat dilakukan menggunakan metode alkalisasi. Metode alkalisasi paling banyak diaplikasikan untuk tahap awal modifikasi permukaan serat alam. Melalui alkalisasi, serat dapat dipisahkan dari pengotor saat proses dekortifikasi, serta dari bagian-bagian tertentu yang menyusun serat alam (termasuk hemiselulosa dan lignin) [38]. Metode ini dianggap paling efektif untuk menghilangkan sejumlah komponen penyusun serat, yang tidak dibutuhkan lagi saat serat diaplikasikan sebagai penguat dalam material komposit. Serat alam pada dasarnya tersusun atas tiga bagian besar yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Diantara ketiga bagian tersebut, selulosa adalah bagian yang memiliki kristalinitas tinggi dan paling menentukan kekuatan mekanik serat alam. Sementara hemiselulosa dan lignin adalah komponen amorf serat alam, yang memiliki hidrofilitas tinggi sehingga memiliki potensi menghalangi interaksi antar serat alam dan matriks dalam material komposit [18], [37], [39].

Secara fisik, saat serat alam masih memiliki komponen selulosa dan lignin serat cenderung licin ketika direndam dalam air. Keadaan ini dapat dibandingkan antara serat alam sebelum dan sesudah alkalisasi. Serat setelah alkalisasi menjadi lebih kasar dan keras. Kekasaran permukaan inilah yang diperlukan saat serat hendak dipadukan dengan matriks. Semakin kasar permukaan serat alam, maka kemampuan penetrasi matriks ke dalam serat juga semakin tinggi sehingga interaksi atau ikatan antara serat dan matriks menjadi lebih kuat [37].

Sementara silane dan asetilasi merupakan metode modifikasi permukaan serat yang berfungsi untuk menambah kemampuan serat alam untuk berikatan dengan matriks. Silane dan asetilasi dalam modifikasi permukaan serat alam berlaku sebagai *crosslink agent*, yaitu media pengikat antara serat dan matriks melalui pengurangan gugus hidroksil dalam serat alam. Gugus hidroksil yang hilang digantikan oleh gugus karbon yang masih memberikan peluang bagi gugus lain untuk berikatan dengannya, sehingga serat yang diberi *crosslink agent* cenderung memiliki tingkat hidrofobik yang tinggi, dan lebih besar interaksinya dengan matriks polimer. Metode silane dan asetilasi dapat optimal jika serat diberi perlakuan alkali terlebih dahulu [28], [35], [40].

Diantara ketiga metode modifikasi permukaan serat alam yang telah dibahas sebelumnya (alkalisasi, silane dan asetilasi), banyak peneliti lebih memanfaatkan alkalisasi. Kecenderungan pemanfaatan alkalisasi sebagai metode modifikasi permukaan serat didasarkan pada beberapa hal diantaranya: 1) Alkalisasi mampu menghilangkan beberapa bagian serat alam yang tidak dibutuhkan (hemiselulosa dan lignin); 2) Alkalisasi mampu meningkatkan kekasaran permukaan serat alam; 3) Sebelum dilakukan modifikasi permukaan serat alam menggunakan metode silane dan asetilasi, kebanyakan peneliti tetap memanfaatkan alkalisasi pada proses awal pembersihan serat alam; 4) Senyawa NaOH yang digunakan untuk proses alkalisasi lebih mudah ditemukan dan memiliki harga yang lebih ringan jika dibandingkan dengan metode silane dan asetilasi [37], [38], [41].

KESIMPULAN

Modifikasi permukaan serat alam sebagai penguat material komposit bisa dilakukan dengan berbagai metode salah satunya secara kimiawi. Diantara modifikasi secara kimia tersebut metode yang sering dan banyak digunakan adalah metode alkalisasi karena efektif dan efisien dari segi proses modifikasi serta serat yang dihasilkan. Meskipun demikian metode lain juga bisa digunakan seperti *silane* dan asetilasi. Kedua metode ini sedikit lebih rumit jika dibandingkan dengan alkalisasi namun keduanya mampu menghasilkan karakteristik serat alam hasil modifikasi yang sesuai dengan yang diharapkan. Dari beberapa hasil penelitian di atas modifikasi permukaan serat alam baik menggunakan alkalisasi, *silane* dan asetilasi mampu menghasilkan serat alam yang memiliki karakteristik yang baik sebagai penguat material komposit sehingga mampu meningkatkan dan menghasilkan karakteristik material yang baik, dengan ditunjukkan dari sifat mekanik dan fisis material tersebut.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] D. E. N. Siagian and M. H. S. Putra, "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan," *Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan*, vol. 5, no. 1, pp. 55–60, 2024.
- [2] P. Sahu and M. K. Gupta, "A review on the properties of natural fibres and its bio-composites: Effect of alkali treatment," Jan. 01, 2020, *SAGE Publications Ltd.* doi: 10.1177/1464420719875163.
- [3] R. H. Setyanto, "Review: Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya," 2012.
- [4] D. K. Rajak, D. D. Pagar, P. L. Menezes, and E. Linul, "Fiber-reinforced polymer composites: Manufacturing, properties, and applications," Oct. 01, 2019, *MDPI AG.* doi: 10.3390/polym11101667.
- [5] F. C. Campbell, *Structural Composite Materials*. Ohio: ASM international, 2010.
- [6] M. Akay, *An Introduction to Polymer Matrix Composites*. Irelandia: Ventus Publishing APs, 2015.
- [7] S. Thomas, S. A. Paul, L. A. Pothan, and Deepa, "Natural Fibres: Structure, Properties and Applications," 2011.
- [8] K.-Y. Lee, A. Delille, and A. Bismarck, "Greener Surface Treatments of Natural Fibres for the Production of Renewable Composite Materials," in *Cellulose Fibers: Bio- and Nano-Polymer Composites*, Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 155–178. doi: 10.1007/978-3-642-17370-7_6.
- [9] S. Kalia, B. S. Kaith, and I. Kaur, "Pretreatments of Natural Fibers and Their Application as Reinforcing Material in Polymer Composites," *Article in Polymer Engineering and Science*, 2009.
- [10] A. L. Naidu and P. S. V. R. Rao, "A REVIEW ON CHEMICAL BEHAVIOUR OF NATURAL FIBER COMPOSITES," 2016. [Online]. Available: www.sadgurupublications.com
- [11] R. Purwati, "157545-ID-strategi-pengembangan-rami-boehmeria-niv," *Perspektif*, vol. 9, no. 2, pp. 106–118, 2010.
- [12] F. L. Pua, S. M. Sapuan, E. S. Zainudin, and M. Z. Adib, "Effect of fibre surface modification on properties of Kenaf/Poly(vinyl alcohol) composite film," *J Biobased Mater Bioenergy*, vol. 7, no. 1, pp. 95–101, Feb. 2013, doi: 10.1166/jbmb.2013.1270.
- [13] K. L. Pickering, Y. Li, R. L. Farrell, and M. Lay, "Interfacial Modification of Hemp Fiber Reinforced Composites Using Fungal and Alkali Treatment," *J Biobased Mater Bioenergy*, vol. 1, pp. 109–117, 2007, doi: 10.1166/jbmb.2007.
- [14] A. Benyahia *et al.*, "Laboratoire des Matériaux Non Métalliques," ALGERIE, 1900. [Online]. Available: <https://hal.science/hal-03439860v1>
- [15] W. Fatra, H. Rouhillahi, Z. Helwani, Zulfansyah, and J. Asmura, "Effect of alkaline treatment on the properties of oil palm empty fruit bunch fiber-reinforced polypropylene composite," *International Journal of Technology*, vol. 7, no. 6, pp. 1026–1034, 2016, doi: 10.14716/ijtech.v7i6.3675.
- [16] K. Z. M. A. Motaleb, "Improvement of Mechanical Properties by Alkali Treatment on Pineapple and Jute Fabric Reinforced Polyester Resin Composites," *International Journal of Composite Materials*, vol. 8, no. 2, pp. 32–37, 2018, doi: 10.5923/j.comaterials.20180802.02.
- [17] Zulkifli, B. I. Dharmawan, and W. Anhar, "Analisa pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap kekuatan impak charpy komposit serat sabut kelapa bermatriks epoxy," 2020.
- [18] M. F. B. Putra, D. Y. Sari, H. Nurdin, and R. Mulyadi, "Effect of Alkaline Treatment on The Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fiber Composite Material," *MOTIVECTION : Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 43–50, Sep. 2020, doi: 10.46574/motivection.v2i3.74.
- [19] U. L. Jamilah, "THE IMPROVEMENT OF RAMIE FIBER PROPERTIES AS COMPOSITE MATERIALS USING ALKALIZATION TREATMENT: NaOH CONCENTRATION," 2021.
- [20] P. Badanayak, S. Jose, and G. Bose, "Banana pseudostem fiber: A critical review on fiber extraction, characterization, and surface modification," *Journal of natural fibers*, vol. 20, no. 1, 2023.
- [21] R. Agrawal, N. Saxena, K. Sharma, S. Thomas, and M. Sreekala, "Activation energy and crystallization kinetics of untreated and treated oil palm fibre reinforced phenol formaldehyde composites," 2000. [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/msea
- [22] S. Kalia *et al.*, "Cellulose-based bio- and nanocomposites: A review," 2011, *Hindawi Limited.* doi: 10.1155/2011/837875.
- [23] W. Z. W. Zahari, R. N. R. L. Badri, H. Ardyananta, D. Kurniawan, and F. M. Nor, "Mechanical Properties and Water Absorption Behavior of Polypropylene / Ijuk Fiber Composite by Using

- Silane Treatment,” in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2015, pp. 573–578. doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.099.
- [24] A. Atiqah, M. Jawaid, S. M. Sapuan, and M. R. Ishak, “Mechanical and Thermal Properties of Sugar Palm Fiber Reinforced Thermoplastic Polyurethane Composites: Effect of Silane Treatment and Fiber Loading,” *J Renew Mater*, Dec. 2017, doi: 10.7569/jrm.2017.634188.
- [25] K. Aphichartsuphaphajorn, Y. Arao, and M. Kubouchi, “Mechanical properties of unidirectional flax fabric-reinforced furan composites: Effect of alkaline treatment and silane coupling treatment,” in *Materials Science Forum*, Trans Tech Publications Ltd, 2019, pp. 33–38. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.951.33.
- [26] N. Parthipan, M. Ilangkumaran, T. Maridurai, and S. C. Prasanna, “Effect of Silane Treated Silicon (IV) Oxide Nanoparticle Addition on Mechanical, Impact Damage and Drilling Characteristics of Kenaf Fibre-Reinforced Epoxy Composite,” *Silicon*, vol. 12, no. 2, pp. 459–467, Feb. 2020, doi: 10.1007/s12633-019-00138-0.
- [27] P. Manik, A. Suprihanto, Sulardjaka, and S. Nugroho, “Technical analysis of increasing the quality of apus bamboo fiber (*Gigantochloa apus*) with alkali and silane treatments as alternative composites material for ship skin manufacturing,” in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Sep. 2020. doi: 10.1063/5.0015696.
- [28] P. B. Anand, A. Lakshmikanthan, M. P. G. Chandrashekarappa, C. P. Selvan, D. Y. Pimenov, and K. Giasin, “Experimental Investigation of Effect of Fiber Length on Mechanical, Wear, and Morphological Behavior of Silane-Treated Pineapple Leaf Fiber Reinforced Polymer Composites,” *Fibers*, vol. 10, no. 7, Jul. 2022, doi: 10.3390/fib10070056.
- [29] S. S. Godara, “Effect of chemical modification of fiber surface on natural fiber composites: A review,” *Mater Today Proc*, vol. 18, pp. 3428–3434, 2019.
- [30] Faruk, Bledzki, Fink, and Sain, “Biocomposite Reinforced with Natural Fibers: 2000 – 2010,” *Progress in Polymer Sciences*, vol. 37, pp. 1552–1596, 2012.
- [31] F. Ahmad, H. S. Choi, and M. K. Park, “A Review: Natural Fiber Composites Selection in View of Mechanical, Light Weight, and Economic Properties,” *Macromol Mater Eng*, vol. 300, no. 1, pp. 10–24, 2014.
- [32] N. Lu, S. Oza, and M. G. Tajabadi, “Surface Modification of Natural Fibers for Reinforcement in Polymeric Composites,” in *Surface Modification of Biopolymers*, Wiley, 2015, pp. 224–237. doi: 10.1002/9781119044901.ch9.
- [33] S. Mishra *et al.*, “Studies on mechanical performance of biofibre/glass reinforced polyester hybrid composites,” *Compos Sci Technol*, vol. 63, no. 10, pp. 1377–1385, 2003, doi: 10.1016/S0266-3538(03)00084-8.
- [34] A. K. Bledzki, A. A. Mamun, M. Lucka-Gabor, and V. S. Gutowski, “The effects of acetylation on properties of flax fibre and its polypropylene composites,” *Express Polym Lett*, vol. 2, no. 6, pp. 413–422, Jun. 2008, doi: 10.3144/expresspolymlett.2008.50.
- [35] A. D. Gudayu, L. Steuernagel, D. Meiners, and R. Gideon, “Effect of surface treatment on moisture absorption, thermal, and mechanical properties of sisal fiber,” *Journal of Industrial Textiles*, vol. 51, no. 2, pp. 2853S–2873S, Jun. 2022, doi: 10.1177/1528083720924774.
- [36] E. Hidayah and E. Purwandari, “STUDI PENGARUH SERAT SABUT KELAPA DAN SERAT RAMI TERHADAP SIFAT TARIK KOMPOSIT POLIPROPILENA,” *IJMS: Indonesian Journal of Mathematics and Natural Science*, vol. 01, no. 03, pp. 121–131, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.academiacenter.org/index.php/IJMS>
- [37] E. Hidayah, A. Rosyidah, and F. Rizka Tamami, “NAOH EFFECT ON BIOCOMPOSITES: STUDI PENGARUH NAOH TERHADAP KEKUATAN TARIK BIOKOMPOSIT BERPENGUAT SERAT ALAM,” *Journal of Educational and Applied Science*, vol. 1, no. 2, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.iaida.ac.id/index.php/jeas>
- [38] Sujito, “Fabricaton and characterization of Short Single Bamboo Fibers Reinforced Poly-lactic Acid (PLA) Green Composites (GC),” *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*, vol. 14, no. 02, pp. 2–5, 2014.
- [39] X. Li, L. G. Tabil, and S. Panigrahi, “Chemical Treatment of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review,” *J Polym Environ*, vol. 15, pp. 25–33, 2007.
- [40] C. Kit Ang, “Mechanical Strength and Water Absorption Analysis of Silane Treated Kenaf Natural Composites With Silicon Nanoparticles,” 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-297917/v1.
- [41] A. Cevik and A. Nis, *Advanced fiber-Reinforced Alkali-Activated Composites*. Amsterdam: Elsevier, 2023.

