

Kajian Literatur: Analisis Metode Alkalisasi Menggunakan NaOH untuk Meningkatkan Gaya Adhesi Antarmuka Serat-Matriks dalam Sintesis Biokomposit

Elok Hidayah¹, Hilya Wildana Sofia², Ulfiyatul Fitriyah³, Faridatul Amanah⁴

¹⁻⁴IAI Darussalam Blokagung

Alamat: Blokagung, Banyuwangi

Korespondensi penulis: elokhidayah@iaida.ac.id

Abstract. *Advances in science and technology are faced with a number of challenges, one of which is preserving the environment which is faced with the use of synthetic materials. Synthetic materials are basically materials that cannot be decomposed naturally and pollute the environment. Therefore, a number of research and developments have been carried out in utilizing more environmentally friendly materials through the manufacture of biocomposites. However, the use of biocomposites has not been able to replace the use of synthetic materials as a whole, due to the weak bonding of the fiber-matrix interface (adhesion between fiber and matrix) in biocomposites. One effort that can be made to increase fiber-matrix interfacial bonding in biocomposites is through modification of natural fibers using NaOH. A number of studies have been carried out using NaOH to modify the fiber-matrix surface. The results obtained through a number of studies state that each natural fiber has a different response to NaOH concentration, so that each natural fiber requires a certain concentration to increase the bond between the fiber-matrix interface in biocomposites.*

Keywords: *Biocomposite, Adhesion, NaOH*

Abstrak. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dihadapkan dengan sejumlah tantangan, salah satunya adalah menjaga kelestarian lingkungan yang dihadapkan dengan pemanfaatan material sintetis. Material sintetis pada dasarnya adalah material yang tidak dapat terurai secara alami dan mencemari lingkungan. Oleh sebab itu, dilakukan sejumlah penelitian dan pengembangan dalam memanfaatkan material yang lebih ramah lingkungan melalui pembuatan biokomposit. Namun demikian, pemanfaatan biokomposit belum mampu menggantikan pemanfaatan material sintetis secara keseluruhan, dikarenakan lemahnya ikatan antarmuka serat-matriks (gaya adhesi antara serat dan matriks) dalam biokomposit. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan ikatan antarmuka serat-matriks dalam biokomposit adalah melalui modifikasi serat alam menggunakan NaOH. Telah dilakukan sejumlah penelitian yang memanfaatkan NaOH untuk modifikasi permukaan serat-matriks. Hasil yang diperoleh melalui sejumlah penelitian menyatakan bahwa masing-masing serat alam memiliki respon yang berbeda terhadap konsentrasi NaOH, sehingga masing-masing serat alam memerlukan konsentrasi tertentu untuk dapat meningkatkan ikatan antarmuka serat-matriks dalam biokomposit.

Kata kunci: Biokomposit, Gaya Adhesi, NaOH

PENDAHULUAN

Bahan komposit merupakan salah satu bahan yang banyak diminati di berbagai aplikasi teknik. Bahan komposit telah lama diproduksi, yaitu sejak tahun 1850 dalam bentuk *plywood* berupa bahan komposit yang tersusun atas lembaran kayu dan matriks. Sejak saat itu bahan komposit terus berkembang sampai akhirnya pada tahun 1940 mulai diproduksi bahan komposit berpenguat serat gelas, karena memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari serat alam. Akibatnya, serat gelas banyak diaplikasikan sebagai penguat dalam berbagai industri seperti penerbangan, militer, otomotif, elektronika, *automobile*, olahraga dan berbagai furnitur (Akay, 2015). Serat gelas termasuk serat sintetis yang tidak dapat diperbaharui dan tidak dapat terurai

secara alami (Pickering et al., 2016). Oleh sebab itu, yang berasal dari bahan komposit berpenguat serat gelas sulit terurai dan menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan.

Salah satu permasalahan lingkungan yang ditimbulkan akibat pemanfaatan komposit berbahan dasar sintesis adalah berkurangnya lahan produktif, berkurangnya sumber air bersih, dan menurunnya kualitas udara. Bahan komposit berbahan dasar sintesis dapat menghasilkan sampah, yang mana sampah tersebut membutuhkan waktu yang lama untuk dapat terurai. Kesulitan dalam proses penguraian sampah tersebut menyebabkan timbulnya permasalahan baru, yaitu adanya kemungkinan besar terjadinya penumpukan sampah di suatu tempat bahkan perlunya penambahan lahan untuk pembuangan sampah dari sisa kegiatan Masyarakat. Apabila kondisi tersebut terus berlangsung, maka lahan produktif semakin berkurang, pencemaran lingkungan semakin bertambah dan keberlangsungan hidup di masa mendatang semakin sulit untuk diwujudkan.

Sebagai upaya untuk mengurangi dampak negatif dari pemanfaatan bahan komposit berbahan dasar sintesis maka sejumlah ilmuwan dan akademisi mulai melakukan penelitian terhadap biokomposit untuk menggantikan pemanfaatan bahan komposit sintesis secara keseluruhan. Biokomposit merupakan sebuah bahan yang tersusun atas serat dan matriks, yang mana salah satu dari serat atau matriks atau keseluruhannya adalah bahan yang berasal dari alam. Karena Sebagian atau keseluruhan bahan penyusunnya berasal dari alam, maka diharapkan dapat meminimalkan dampak negatif yang ditimbulkan oleh bahan komposit sintesis.

Namun demikian, dalam perkembangannya biokomposit menemui sejumlah kendala sehingga masih sulit untuk menggantikan aplikasi teknis dari bahan komposit sintesis secara keseluruhan. Kendala tersebut diakibatkan oleh kekuatan mekanik biokomposit yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan mekanik bahan komposit sintesis. Keadaan inilah yang memicu sejumlah peneliti untuk terus melakukan penelitian di bidang biokomposit guna meningkatkan kekuatan mekanik biokomposit.

Melalui artikel ini, penulis berupaya mengumpulkan dan menganalisis sejumlah jurnal penelitian yang memanfaatkan NaOH sebagai metode modifikasi permukaan serat, guna meningkatkan kekasaran permukaan serat, meningkatkan selulosa serat, sehingga dapat meningkatkan gaya adhesi antarmuka serat-matriks dalam sintesis biokomposit. Melalui hasil analisis tersebut, kemudian dipaparkan kelebihan dan kelemahan pemanfaatan NaOH sebagai metode modifikasi permukaan serat dalam pembuatan biokomposit. Jurnal yang dijadikan rujukan kajian literatur adalah jurnal berstandar nasional dan internasional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif berbasis kajian literatur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan dan review jurnal. Jurnal yang digunakan sebagai rujukan penulisan adalah jurnal bereputasi nasional yang sudah ber ISSN, dan jurnal yang bereputasi internasional. Kemudian dilakukan review terhadap keseluruhan jurnal untuk menganalisis efektivitas NaOH sebagai metode modifikasi serat alam, sehingga dapat meningkatkan gaya adhesi antarmuka serat-matriks dalam biokomposit. Peningkatan gaya adhesi antarmuka serat-matriks dalam biokomposit dapat dilihat dari meningkatnya kekuatan mekanik biokomposit, model patahan dan kekasaran permukaan serat. Kekasaran permukaan serat ini dapat dinilai secara kualitatif melalui foto mikro serat dan kandungan selulosa serat.

KAJIAN TEORITIS

Bahan Komposit

Bahan komposit adalah bahan yang disusun berdasarkan kombinasi dari dua bahan atau lebih dalam skala makro yang secara fisik dan mekanik dapat dipisahkan satu sama lain (Roylance, 2008). Bahan komposit banyak diminati dan dikembangkan untuk kepentingan di berbagai industri, karena beberapa keunggulan sifat diantaranya: biaya produksi yang rendah (Fowler et al., 2006), mudah dibentuk, ringan, kuat dan tahan korosi (Akay, 2015).

Bahan komposit tersusun atas dua komponen utama yaitu penguat dan matriks sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 1. Pemilihan penguat dan matriks dapat disesuaikan untuk meningkatkan sejumlah sifat yang ingin diperoleh dari bahan komposit hasil sintesis, seperti: ketahanan termal, kekuatan mekanik, kekakuan, ketahanan korosi, dan berat. Penguat adalah komponen penyusun bahan komposit yang menentukan kekuatan dan kekakuan bahan komposit. Penguat yang digunakan dalam aplikasi bahan komposit umumnya berupa serat, baik serat sintetis maupun serat alam (Akay, 2015).

Matriks termasuk komponen penyusun bahan komposit yang berfungsi sebagai pengikat serat dan pelindung serat dari kerusakan eksternal, serta berperan dalam mentransfer tegangan ke serat akibat pembebanan eksternal (Smallman, 2020).



Gambar 1. Susunan penguat dan matriks dalam bahan komposit (Sumber: Akay, 2015)

Selain kekuatan serat, ikatan antara serat dan matriks termasuk salah satu faktor yang menentukan kekuatan bahan komposit (Fowler et al., 2006). Pemilihan serat dan matriks dengan berat jenis yang kecil menjadi pertimbangan penting dalam sejumlah aplikasi, salah satunya dalam aplikasi penerbangan. Oleh sebab itu, serat gelas banyak digunakan untuk aplikasi penerbangan dikarenakan memiliki berat jenis yang kecil sehingga ringan dan dapat mengurangi beban pesawat hasil fabrikasi.

Selain untuk aplikasi penerbangan, serat gelas juga diproduksi secara massal untuk berbagai aplikasi teknis seperti perabotan rumah tangga, keperluan Pembangunan, aplikasi medis dan lain sebagainya. Banyaknya aplikasi serat gelas tidak memiliki kesebandingan dengan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Serat gelas termasuk serat sintetis, tidak dapat terurai secara alami, dan membutuhkan waktu yang relative lama untuk dapat terurai. Proses penguraian serat gelas juga diiringi dengan pelepasan CO₂ ke udara sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran udara. Kondisi ini mendorong sejumlah ilmuwan dan praktisi industry untuk melakukan pengembangan bahan komposit guna menghasilkan bahan komposit yang ramah lingkungan. Bahan komposit ramah lingkungan biasa juga disebut dengan biokomposit.

Biokomposit adalah salah satu jenis dari bahan komposit, yang salah satu komponen penyusunnya atau keseluruhan komponen penyusunnya berasal dari alam. Komponen penguat yang banyak digunakan dalam sintesis biokomposit adalah penguat serat. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan serat alam yang sangat melimpah dan mudah untuk diperbaharui. Penelitian terhadap biokomposit berpenguat serat telah banyak dilakukan dan terus dilakukan sampai saat ini, baik dengan matriks sintetis maupun dengan matriks alam. Salah satu matriks berdasar alam dan banyak diaplikasikan dalam sintesis maupun penelitian biokomposit adalah polipropilena.

Penelitian di bidang biokomposit, khususnya berkaitan dengan biokomposit polipropilena berpenguat serat alam masih terus dilakukan guna meningkatkan gaya adhesi antarmuka serat-matriks. Gaya adhesi adalah gaya ikat antara dua molekul yang berbeda, sebagaimana antara serat alam dan matriks polipropilena. Serat alam merupakan bahan yang tersusun atas molekul-molekul yang cenderung bersifat hidrofilik (suka air). Sementara polipropilena adalah bahan yang bersifat hidrofobik (tidak suka air). Perbedaan yang kontras antara serat alam dan matriks polipropilena ini mengakibatkan gaya adhesi antarmuka serat-matrik menjadi lemah.

Gaya adhesi adalah gaya ikat antara dua bahan/ molekul yang memiliki karakteristik berbeda. Gaya adhesi antarmuka serat-matriks dalam biokomposit polipropilena sangat menentukan kuat lemahnya ikatan antarmuka serat alam dan matriks polipropilena. Semakin kuat gaya adhesi yang dihasilkan antarmuka serat-matriks maka semakin tinggi kekuatan mekanik yang dimiliki biokomposit hasil sintesis, begitupun sebaliknya. Perlunya peningkatan gaya adhesi antarmuka serat-matriks ini dilatarbelakangi oleh keinginan untuk menggantikan bahan komposit berbahan dasar sintesis dalam beberapa aplikasi teknis. Melalui pemanfaatan biokomposit diharapkan dapat memperkecil pemanfaatan bahan komposit berbahan dasar sintesis, sehingga dapat tercipta kehidupan yang berkelanjutan di masa mendatang.

Upaya yang banyak dilakukan untuk meningkatkan gaya adhesi antarmuka serat-matriks ini adalah alkalisasi menggunakan NaOH. Alkalisasi dilakukan untuk menghilangkan sejumlah komponen penyusun serat yang memiliki tekstur licin dan berair. Hilangnya sejumlah komponen tersebut dapat meningkatkan kadar selulosa dalam serat, sehingga kekasaran permukaan serat meningkat dan gaya adhesi antarmuka serat-matriks dapat ditingkatkan.

Polipropilena

Polipropilena (Gambar 2) adalah salah satu jenis matriks yang bahan dasarnya berasal dari alam. Karena berasal dari alam, maka polipropilena dapat terurai secara alami dan tidak beracun. Polipropilena termasuk matriks dari jenis polimer termoplastik. Polimer termoplastik adalah jenis polimer yang meleleh jika dipanaskan dan mengeras jika didinginkan. Proses pembentukan termoplastik dapat dilakukan secara berulang (*recycleable*).

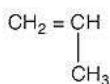
Jumlah penduduk yang tinggi dan cenderung mengalami peningkatan menyebabkan permintaan berbagai jenis produk meningkat, sehingga pemanfaatan bahan yang memiliki sifat *recycleable* menjadi penting. Oleh sebab itu polimer termoplastik banyak diaplikasikan dalam industri manufaktur seperti industri makanan, elektronika, otomotif (Hitachi High Tech Science, 2008) dan berbagai furnitur (Sato & Ogawa, 2009).



Gambar 2. Polipropilena

Polipropilena (PP) ditemukan pada tahun 1954 oleh K. Ziegler dan Giulio Natta melalui polimerisasi monomer propilena (Gambar 3) menggunakan katalis yang dikenal dengan katalis Ziegler-Natta. PP termasuk polimer yang tidak berwarna dan translucent. Warna PP dapat divariasikan melalui pencampuran dengan bahan lain yang berwarna, dapat juga dibuat bening

atau buram dengan mengatur ketebalannya. Berdasarkan sifat optiknya, bahan dibedakan menjadi tiga yaitu transparan, *translucent* dan *opaque* (Marikani, 2017).



Gambar 3. Monomer propilena (Sumber:Tripathi, 2002)

PP memiliki gugus metil pada setiap atom karbon kedua. Makromolekul polipropilena terdiri atas 10.000 sampai 20.000 monomer. Gugus metil yang terdapat pada setiap atom karbon kedua dalam struktur polipropilena dapat bervariasi. Apabila gugus metil tersusun pada satu sisi yang sama, maka polipropilena yang dihasilkan disebut polipropilena isotaktik. Struktur polipropilena yang mana posisi gugus metilnya saling berkebalikan disebut dengan polipropilena sindiokastik, sedangkan polipropilena yang memiliki susunan gugus metil tidak beraturan disebut sebagai polipropilena ataktik (Tripathi, 2002).

Serat Alam

Serat dalam aplikasi bahan komposit berperan sebagai penguat. Kekuatan serat menjadi salah satu faktor yang menentukan kekuatan akhir bahan komposit, sehingga untuk meningkatkan kekuatan mekanik bahan komposit diperlukan serat dengan kekuatan yang tinggi. Dua fungsi utama serat dalam bahan komposit antara lain: 1) Sebagai penahan beban, dalam struktur bahan komposit 70% - 90% beban ditahan oleh serat, 2) Memberikan sifat kekakuan, kekuatan dan stabilitas panas (Haris, 1999).

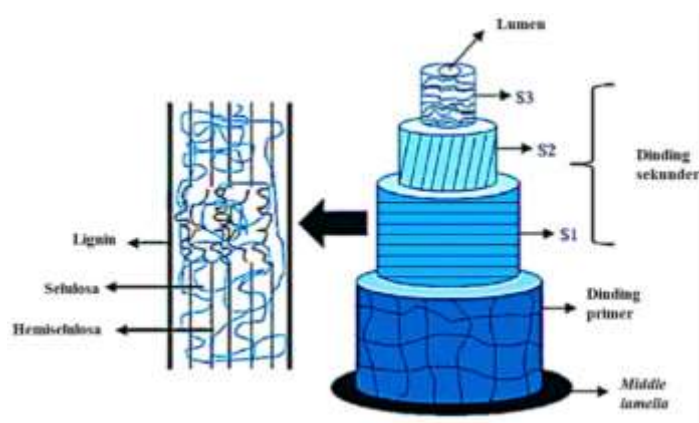
Serat yang diaplikasikan dalam sintesis biokomposit adalah serat alam. Serat alam tersusun atas sejumlah lapisan selulosa fibril, yang diikat oleh hemiselulosa dan lignin (John & Anandjiwala, 2008). Serat alam memiliki kekuatan lebih rendah dibandingkan serat sintetis. Namun demikian, serat alam memiliki beberapa keunggulan diantaranya renewable, murah, biodegradable, ringan dan ramah lingkungan (Wambua et al., 2003). Karakteristik serat alam dan serat sintetis ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik serat alam dan serat sintetis

Serat	Massa jenis (g/cm ³)	Regangan patah (%)	Kekuatan tarik (MPa)	Modulus Young (Gpa)
Serat alam				
Jute	1,30	1,5-1,8	393-773	26,5
Kenaf	1,45	1,6	930	53
Rami	1,50	2,5	560	24,5
Sisal	1,50	2,0-2,5	511 – 635	9,4-22
Sabut kelapa	1,20	30	175	4,0-6,0
Serat sintetis				
E- glass	2,58	2,5-3,0	3450	72,5
Boron	2,57	-	3600	400
Aramid	1,44	3,3-3,7	3600 – 4100	131
Carbon	1,78-2,15	1,4-1,8	4800	724

(Sumber:Li et al., 2007; Faruk et al., 2014; Callister & Rethwisch, 2010).

Serat alam dapat berasal dari tanaman, hewan dan mineral. Diantara tiga sumber serat tersebut, serat tanaman paling banyak diaplikasikan dan diteliti karena ketersediaannya yang melimpah di alam. Serat tanaman pada dasarnya merupakan bundle fiber, di mana dalam satu helai serat terdapat sekumpulan unit serat yang terikat menjadi satu dengan sebuah celah di bagian tengah yang disebut lumen. Setiap unit serat, terdiri dari beberapa lapisan (Gambar 4) antara lain: dinding primer, dinding sekunder (S1, S2 dan S3), middle lamella dan lumen (Pereira et al., 2015). Lumen berfungsi sebagai sarana transportasi air dan nutrisi di dalam serat. Dinding primer merupakan daerah amorf, tersusun atas sejumlah selulosa fibril dan sebagian besar berupa lignin (Satyanarayana, 2015).



Gambar 4. Struktur serat tunggal (Sumber: Pereira et al., 2015).

Dinding sekunder didominasi oleh selulosa kristalin yang tersusun spiral pada lapisan S2. Selama proses perkembangan sel, terbentuk sejumlah komponen amorf pada dinding sekunder, seperti lignin dan hemiselulosa yang mengikat mikrofibril. Middle lamella berada pada bagian luar dinding primer, tersusun atas lignin dan pektin yang memisahkan antara satu unit serat dengan unit serat lainnya. Selain sebagai pemisah antar unit serat, *middle lamella* juga berfungsi sebagai matriks yang mengikat sejumlah unit serat menjadi satu membentuk *bundle fiber* (Satyanarayana, 2015).

Selulosa merupakan bagian utama dalam serat yang menentukan kekuatan, kekakuan dan stabilitas serat. Keberadaan pektin, lignin, hemiselulosa dan kotoran yang menempel pada serat menyebabkan interaksi antara serat dan matriks tidak maksimal, sehingga mempengaruhi kualitas serat khususnya kekuatan serat (George et al., 2001).

Alkalisasi merupakan salah satu perlakuan kimia yang banyak dilakukan pada serat alam ketika akan dipadukan dengan polimer untuk meningkatkan kekasaran permukaan serat sehingga dapat meningkatkan gaya adhesi antarmuka serat-matriks. Alkalisasi dilakukan untuk menghilangkan beberapa komponen pada serat alam seperti lignin dan hemiselulosa, serta

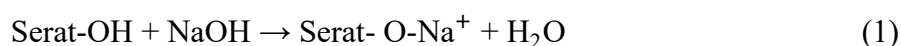
kotoran yang menempel pada serat sehingga dapat meningkatkan kekasaran serat dan komposisi selulosa dalam serat (Chan, 2008).

Alkalisasi NaOH

Alkalisasi merupakan salah satu metode modifikasi permukaan serat alam yang banyak digunakan dalam sintesis material komposit. Alkalisasi dapat dilakukan melalui proses perendaman serat alam ke dalam larutan alkali, dengan konsentrasi dan waktu tertentu. Melalui alkalisasi sejumlah komponen serat seperti lignin, hemiselulosa dan sejumlah pengotor serat dapat dihilangkan (Thakur, 2014). Larutan alkali dinilai mampu memecah gugus hidroksil dari lignin dan hemiselulosa, sehingga mampu meningkatkan konsentrasi selulosa serat alam. Selulosa yang telah dipisahkan dari sejumlah komponen penyusun serat lainnya, selanjutnya akan berikatan dengan ion negatif dari senyawa alkali sehingga serat menjadi lebih resisten terhadap air. Akibat terbentuknya ikatan baru antara selulosa serta dengan senyawa alkali, maka kemampuan serat untuk berikatan dengan matriks dalam biokomposit menjadi lebih kuat (Sabzalian, 2012; Musyarofah et al., 2020).

NaOH adalah senyawa alkali yang banyak digunakan dalam metode alkalisasi serat alam (Orue et al., 2016; Maepa et al., 2015; Manalo et al., 2015). Hal ini disebabkan oleh harga NaOH yang relative murah dan mudah ditemukan. Berdasarkan beberapa laporan penelitian, dikatakan bahwa NaOH dapat digunakan sebagai metode modifikasi serat dalam berbagai konsentrasi, temperature, dan lama waktu perendaman serat. Beberapa peneliti yang memanfaatkan NaOH sebagai metode modifikasi permukaan serat alam diantaranya Jamilah dan Sujito (2021), Amiandamhen et al. (2020), Gonçalves et al. (2021), Frącz et al. (2021) dan lain-lain.

Melalui hasil penelitian yang telah dilakukan (Thakur & Thakur, 2014) dinyatakan bahwa NaOH memiliki efektivitas yang baik untuk dijadikan metode modifikasi permukaan serat alam. Serat alam umumnya memiliki struktur selulosa monoklinik, yang dapat mengembang apabila diberi larutan alkali. Struktur selulosa tersebut dikonversi menjadi struktur yang lebih stabil (selulosa II) melalui reaksi kimia dan termal saat alkalisasi, salah satunya menggunakan senyawa alkali NaOH. Reaksi alkalisasi serat alam menggunakan NaOH dapat dilihat pada persamaan 1., berikut ini:



Alkalisasi menggunakan NaOH dapat membebaskan serat alam dari gugus hidroksil OH-, dengan membentuk gugus ONa⁺. Gugus hidroksil inilah yang menyebabkan serat alam bersifat hidrofilik. Berubahnya gugus hidroksil menjadi ONa⁺ membantu mengurangi sifat hidrofilik serat alam, sehingga kecenderungan serat alam untuk menyerap air dapat berkurang.

Setelah alkalisasi, serat alam harus dicuci untuk menentralkan ion Na^+ dari struktur serat. Dalam keadaan ini, struktur selulosa mnokristalin serat alam dikonversi menjadi struktur selulosa yang lebih stabil (selulosa II). Proses konversi ini dapat terjadi pada keseluruhan struktur serat alam, jika menggunakan senyawa NaOH untuk alkalisasi.

Modifikasi permukaan serat alam tidak hanya mempengaruhi karakteristik mekanik, tetapi juga karakteristik fisik seperti ketahanan termal dan kristalinitas serat alam akibat adanya perubahan struktur penyusun serat alam setelah perlakuan kimia (Oushabi et al., 2017). Struktur kristalin baru yang dihasilkan pada permukaan serat alam melalui alkalisasi NaOH mampu meningkatkan daya ikat serat alam dengan matriks polimer, serta menurunkan daya ikat serat terhadap molekul air sehingga serat alam menjadi lebih hidrofobik. Keadaa ini diperlukan untuk meningkatkan gaya adhesi antarmuka serat-matriks dalam biokomposit.

Selanjutnya, efektivitas NaOH sebagai metode alkalisasi serat alam dapat dilihat berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Beberapa parameter efektivitas NaOH dalam meningkatkan gaya adhesi antarmuka serat-matriks dapat dilihat melalui karakteristik mekanik, karakteristik fisik, dan morfologi permukaan biokomposit setelah pengujian mekanik. Hidayah et al. (2020) melakukan penelitian terhadap biokomposit polipropilena berpenguat serat rami. Serat rami dalam penelitian tersebut dimodifikasi menggunakan NaOH 5% (w/v). Serat rami hasil modifikasi dipadukan dengan matriks polipropilena untuk menghasilkan biokomposit. Biokomposit yang diperoleh berupa biokomposit berpenguat serat rami (hasil alkalisasi) dan biokomposit berpenguat serat rami (tanpa alkalisasi). Keduanya dianalisis karakteristik mekaniknya melalui uji Tarik. Hasil uji Tarik terhadap biokomposit hasil sintesis menunjukkan bahwa biokomposit berpenguat serat rami (hasil alkalisasi) memiliki kekuatan Tarik dan modulus elastisitas lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan Tarik dan modulus elastisitas biokomposit berpenguat serat rami (tanpa alkalisasi). Secara berurutan, kekuatan Tarik dan modulus elastisitas yang dihasilkan oleh biokomposit berpenguat serat rami (hasil akalisasi) adalah (29.18+3.39) MPa dan (125.46+1.79) MPa. Sementara kekuatan Tarik dan modulus elastisitas biokomposit berpenguat serat rami (tanpa alkalisasi) adalah (24.90+1.16) MPa dan (115.17+5.51) MPa.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh (Saha & Kumari, 2023), yaitu analisis pengaruh NaOH terhadap karakteristik biokomposit berpenguat serat bambu. Matriks yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin epoksi. Serat bambu dialkalisasi menggunakan NaOH dengan variasi konsentrasi 2% sampai 10% dengan rentang konsentrasi 2%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alkalisasi dengan NaOH dapat menghilangkan komponen hemiselulosa serat, ditandai dengan berkurangnya massa serat. Hilangnya komponen hemiselulosa serat

babmbu setelah alkalisasi juga ditunjukkan melalui hilangnya puncak serapan gelombang pada serat bambu hasil alkalisasi, yang mana puncak gelombang tersebut merupakan karakteristik yang menunjukkan keberadaan hemiselulosa. Hilangnya komponen hemiselulosa serat dapat meningkatkan konsentrasi selulosa dalam serat sekaligus meningkatkan kekasaran permukaan serat. Meningkatnya kekasaran permukaan serat ini dapat berimplikasi pada meningkatnya karakteristik mekanik biokomposit hasil sintesis. karakteristik mekanik yang dianalisis dalam penelitian (Saha & Kumari, 2023) adalah kekerasan dan kekuatan impak. Baik kekerasan maupun kekuatan impak yang dihasilkan menunjukkan peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Kekuatan impak dan kekerasan tertinggi diperoleh pada biokomposit berpenguat serat bambu (hasil alkalisasi), dengan konsentrasi NaOH 6% yaitu sebesar (44.064 ± 1.41) KJ/m². Keadaan ini memiliki kesesuaian hasil dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Jamilah dan Sujito, 2021).

(Jamilah dan Sujito, 2021) melakukan penelitian terhadap biokomposit serat rami. Serat rami dialkalisasi menggunakan NaOH dengan berbagai variasi konsentrasi, yaitu 0%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, dan 8%. Hasil yang diperoleh melalui penelitian ini menunjukkan bahwa serat rami hasil alkalisasi mengalami perubahan gugus fungsi penyusun serat. Hasil uji FTIR terhadap serat rami menunjukkan bahwa gugus fungsi O-H, yang menunjukkan penyusun hemiselulosa tidak lagi muncul pada serat rami hasil alkalisasi. Keadaan ini diperkuat lagi melalui hasil uji mekanik berupa uji Tarik. Melalui uji Tarik biokomposit berpenguat serat rami, diketahui bahwa kekuatan Tarik biokomposit hasil sintesis mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi NaOH. Kekuatan Tarik tertinggi dihasilkan oleh biokomposit berpenguat serat rami, dengan alkalisasi NaOH 8%, kemudian mengalami penurunan saat konsentrasi NaOH ditingkatkan menjadi 9%.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh (Frącz et al., 2021) terhadap biokomposit berpenguat serat hemp. Masing-masing serat dialkalisasi dengan NaOH pada sejumlah variasi konsentrasi NaOH, yaitu 0%, 2%, 5%, dan 10%. Hasil uji mekanik berupa kekuatan Tarik dan modulus elastisitas menunjukkan bahwa biokomposit hasil sintesis juga mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi NaOH. Kekuatan Tarik dan modulus elastisitas tertinggi diperoleh dari biokomposit berpenguat serat hemp, dengan alkalisasi NaOH 10%. Masing-masing kekuatan Tarik dan modulus elastisitas biokomposit berpenguat serat hemp adalah 38.11 MPa dan 3992.55 MPa.

Sejumlah uraian hasil review terhadap sejumlah penelitian menunjukkan bahwa NaOH banyak diaplikasikan dalam sintesis biokomposit. Alkalisasi berperan sebagai metode modifikasi serat, yang mampu meningkatkan ikatan antarmuka serat-matriks, yang ditunjukkan

dengan peningkatan kekuatan mekanik biokomposit hasil sintesis dan perubahan karakteristik serat setelah alkalisasi. Namun demikian, konsentrasi NaOH yang digunakan untuk alkalisasi perlu dianalisis terlebih dahulu. Sebagaimana yang dihasilkan oleh sejumlah penelitian sebelumnya (Saha & Kumari, 2023; Jamilah dan Sujito, 2021; Frącz et al., 2021), tampak adanya konsentrasi optimum NaOH yang dapat diaplikasikan pada masing-masing serat alam. Maka dapat dikatakan bahwa untuk dapat meningkatkan gaya adhesi antarmuka serat-matriks antara serat alam dan matriks perlu memperhatikan jenis serat alam yang digunakan. Karena serat alam yang berbeda, memiliki respon yang berbeda terhadap konsentrasi NaOH yang diberikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Alkalisasi menggunakan NaOH dinilai efektif dalam meningkatkan gaya adhesi antarmuka serat-matriks dalam biokomposit. Namun demikian, respon masing-masing serat alam terhadap konsentrasi NaOH berbeda-beda. Sehingga diperlukan analisis lebih terkait konsentrasi NaOH optimum yang dapat diterapkan pada masing-masing serat alam. Konsentrasi optimum NaOH yang dapat diterapkan untuk alkalisasi serat rami, serat hemp dan serat bambu secara berurutan adalah 8%, 10%, dan 6%.

Sebagai upaya pengembangan pengetahuan terkait karakteristik serat alam dan modifikasi permukaan serat alam, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pemanfaatan jenis serat alam yang berbeda. Penggunaan serat alam yang berbeda-beda diharapkan dapat menjadi literatur bagi peneliti selanjutnya, untuk sintesis biokomposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Akay, M. (2015). *An Introduction to Polymer Matrix Composites*. Ventus Publishing APs.
- Allan C Manalo, Wani, E., Zukarnain, N. A., Karunasena, W., & Lau, K. (2015). Effects of alkali treatment and elevated temperature on the mechanical properties of bamboo fibre-polyester composites. *Composites Part B: Engineering*, 80, 73–83.
- Amiandamhen, S. O., Meincken, M., & Tyhoda, L. (2020). Natural Fibre Modification and Its Influence on Fibre-matrix Interfacial Properties in Biocomposite Materials. In *Fibers and Polymers* (Vol. 21, Issue 4, pp. 677–689). Korean Fiber Society. <https://doi.org/10.1007/s12221-020-9362-5>
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2010). *Materials Science and Engineering An Introduction 8th Edition* (8th ed.). John Wiley and Sons, Inc.
- Chan, N. dan F. M. (2008). *Tribology of Natural Fiber Polymer Composites*. Woodhead Publishing Limited.

- Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H.-P., & Sain, M. (2014). Progress Report on Natural Fiber Reinforced Composites. *Macromolecular Materials and Engineering*, 299(1), 9–26. <https://doi.org/10.1002/mame.201300008>
- Fowler, P. A., Hughes, J. M., & Elias, R. M. (2006). Biocomposites: Technology, Environmental Credentials and Market Forces. *Journal of the Sciences of Food and Agriculture*, 86, 1781–1789.
- Frącz, W., Janowski, G., & Bąk, Ł. (2021). Influence of the Alkali Treatment of Flax and Hemp Fibers on the Properties of PHBV Based Biocomposites. *Polymers*, 13(12), 1965. <https://doi.org/10.3390/polym13121965>
- George, J., Sreekala, M. S., & Thomas, S. (2001). A review on Interface Modification and Characterization of Natural Fiber Reinforced Plastic Composites. *Polymer Engineering and Sciences*, 41(9), 1471–1485.
- Gonçalves, B. M. M., Camillo, M. de O., Oliveira, M. P., Carreira, L. G., Moulin, J. C., Neto, H. F., de Oliveira, B. F., Pereira, A. C., & Monteiro, S. N. (2021). Surface treatments of coffee husk fiber waste for effective incorporation into polymer biocomposites. *Polymers*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/polym13193428>
- Haris, B. (1999). *Engineering Composite Materials*. The Institute of Materials.
- Hidayah, E., Sjaifullah, A., Rohman, L., & Supriyanto, E. (2020). Influence of Citric Acid Addition and Fiber Treatment on Tensile Properties of Ramie Fiber Reinforced Polylactic Acid (PLA) Green Composite. *Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems*, 12, 2. <https://doi.org/10.5373/JARDCS/V12SP2/SP20201136>
- Hitachi High Tech Science. (2008). *DSC Measurement of Polypropylene*. Hitachi High Tech Science Corporation.
- Jamilah, U. L. (2021). THE IMPROVEMENT OF RAMIE FIBER PROPERTIES AS COMPOSITE MATERIALS USING ALKALIZATION TREATMENT: NaOH CONCENTRATION. In *Jurnal Sains Materi Indonesia* (Vol. 22, Issue 2).
- John, M. J., & Anandjiwala, R. D. (2008). Recent Developments in Chemical Modification and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites. *Polymer Composites*, 29, 187–207.
- Kg, S. (2015). Recent Developments in Green Composites based on Plant Fibers-Preparation, Structure Property Studies. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*, 05(02). <https://doi.org/10.4172/2155-9821.1000206>
- Li, X., Tabil, L. G., & Panigrahi, S. (2007). Chemical Treatment of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review. *Journal of Polymers and The Environment*, 15, 25–33.
- Maepa, C. E., Jayaramudu, J., Okonkwo, J. O., Ray, S. S., Sadiku, E. R., & Ramontja, J. (2015). Extraction and Characterization of Natural Cellulose Fibers from Maize Tassel. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 20(2), 99–109. <https://doi.org/10.1080/1023666X.2014.961118>
- Marikani, A. (2017). *Materials Science*. PHI Learning Private Limited.

- Musyarofah, L., Sujito, S., Hidayah, E., & Supriyanto, E. (2020). Effect of alkalization on mechanical properties of green composites reinforced with cellulose from coir fiber. *AIP Conference Proceedings*, 2242. <https://doi.org/10.1063/5.0008510>
- Orue, A., A. Jauregi, U. Unsuain, J. Labidi, A. Eceiza, & A. Arbelaiz. (2016). The effect of alkaline and silane treatments on mechanical properties and breakage of sisal fibers and poly(lactic acid)/sisal fiber composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 84, 186–195.
- Pereira, Rosa, Cioffi, Benini, Milanese, Voorwald, & Mulinari. (2015). Vegetal Fibers in Polymeric Composites: a Review. *Journal of Polymer*, 1, 9–22.
- Pickering, K. L., Efendy, M. G. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 83, 98–112. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.038>
- Roylance, D. (2008). *Mechanical Properties of Materials*. MIT.
- Sabzalian, Z. (2012). Cross-linking and hydrophobization of chemically modified cellulose fibers. August.
- Saha, A., & Kumari, P. (2023). Effect of alkaline treatment on physical, structural, mechanical and thermal properties of Bambusa tulda (Northeast Indian species) based sustainable green composites. *Polymer Composites*, 44(4), 2449–2473. <https://doi.org/10.1002/pc.27256>
- Sato, H., & Ogawa, H. (2009). *Review on Development of Polypropylene Manufacturing Process*. Sumitomo Chemical Co., Ltd.
- Smallman, R. dan R. B. (2020). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Bahan*. Erlangga.
- Thakur, V. K., & Thakur, M. K. (2014). Processing and characterization of natural cellulose fibers/thermoset polymer composites. *Carbohydrate Polymers*, 109, 102–117. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.03.039>
- Tripathi, D. (2002). *Practical Guide to Polypropylene*. Rapra Technology Ltd.
- Wambua, P., Ivens, J., & Verpoest, I. (2003). Natural Fiber: Can They Replace Glass in Fiber Reinforced Plastics? *Composites Science and Technology*, 63, 1259–1264.