

KARAKTERISTIK MATERIAL KOMPOSIT BERBASIS LIMBAH KAYU JATI DAN PATI UMBI GARUT TERMODIFIKASI SODIUM TRIPOLIFOSFAT (STTP)

CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON TEAK WOOD WASTE AND ARROWROOT STARCH MODIFIED WITH SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE (STPP)

Tri Widagdo*, Sujito, Imam Rofi'i

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember
Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember,
Jawa Timur 68121, Telepon: (0331) 330224

Diterima: 6 September 2021

Direvisi: 4 Oktober 2021

Disetujui: 1 November 2021

ABSTRAK

Pengembangan bahan komposit hingga saat ini terus dilakukan untuk mendapatkan bahan komposit yang ramah lingkungan, guna menggantikan bahan komposit yang terbuat dari bahan plastik dan sintesis yang dinilai kurang ramah lingkungan. Pada penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi bahan komposit berbasis limbah serbuk gergaji kayu jati dan pati umbi Garut termodifikasi sodium tripolifosfat (STPP). Dilakukan variasi pada konsentrasi STPP yang digunakan untuk memodifikasi pati umbi Garut yaitu 0%, 1%, 3% dan 5%. Karakterisasi dilakukan meliputi kerapatan, kadar air, pengembangan tebal, kekuatan dan modulus *bending*. Hasil karakterisasi didapatkan bahwa karakteristik bahan komposit terendah terdapat pada bahan komposit tanpa perlakuan modifikasi (STPP 0%). Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi perekat berbasis pati umbi Garut menggunakan STPP mampu meningkatkan karakteristik bahan komposit. Karakteristik tertinggi didapatkan pada bahan komposit dengan perekat pati umbi Garut termodifikasi STPP 3%. Nilai karakteristik bahan komposit jenis ini yaitu kerapatan ($0,83 \pm 0,03$) g/cm³, kadar air ($13,26 \pm 2,4$) %, dan pengembangan tebal ($14,98 \pm 1,72$) %, sementara sifat mekanik berturut-turut yaitu kekuatan *bending* ($7,63 \pm 0,49$) MPa dan modulus *bending* ($86,93 \pm 24,02$) MPa.

Kata kunci: komposit, pati umbi termodifikasi, karakteristik komposit.

ABSTRACT

The development of composite materials is currently being carried out to obtain environmentally friendly composite materials to replace composite materials made of plastic and synthetic materials that are considered less environmentally friendly. In this study, the synthesis and characterization of composite materials based on teak sawdust and modified arrowroot starch modified with sodium tripolyphosphate (STPP) were carried out. There were variations in the STPP concentration used to modify arrowroot starch, namely 0%, 1%, 3% and 5%. Characterization was carried out including density, moisture content, thickness swelling, strength and bending modulus. Characterization results showed that the lowest characteristics of composite materials were found in composite materials without modification treatment (STPP 0%). This shows that the modification of the arrowroot starch-based adhesive using STPP can improve the characteristics of the composite material. The highest characteristics were obtained in the composite material with 3% STPP modified arrowroot starch adhesive. The characteristic values of this type of composite material are density (0.83 ± 0.03) g/cm³, moisture content (13.26 ± 2.4) %, and thickness development (14.98 ± 1.72) %, while the mechanical characteristic, bending strength (7.63 ± 0.49) MPa and bending modulus (86.93 ± 24.02) MPa.

Keywords: composite material, modified arrowroot starch, characteristics of composite.

PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan kayu sebagai produk struktural atau non-struktural terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya populasi dunia, akan tetapi tidak diiringi dengan peningkatan ketersediaan bahan kayu tersebut. Kondisi tersebut dapat berakibat pada terjadinya deforestasi hutan. Data Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia menyatakan bahwa produksi kayu bulat perusahaan Hak Pengusahaan Hutan (HPH) mengalami penurunan pada tahun 2016-2017 yaitu dari 5.647.171 m³ menjadi 5.473.814 m³ [1]. Usaha yang dilakukan untuk menanggapi hal tersebut yaitu pengembangan teknologi di bidang material, salah satunya adalah bahan komposit [2].

Saat ini telah banyak diproduksi bahan komposit dengan bahan perekat sintesis berbasis *formaldehide*, dimana perekat jenis ini menurut *International Agency for Research on Cancer* (IARC) dapat mengeluarkan emisi *formaldehide* yang bersifat karsinogenik bagi manusia [3]. Oleh karena itu, saat ini banyak dikembangkan bahan komposit yang memanfaatkan bahan alam sebagai penguat dan matriks. Bahan alam telah banyak digunakan sebagai penguat seperti penggunaan serat bambu [4], pelepah salak [5], tongkol jagung dan serbuk gergaji [6]. Sementara penggunaan perekat alam yang bersifat *biodegradable* telah dilakukan dengan memanfaatkan berbagai jenis pati, seperti pati jagung, pati ganyong dan pati umbi Garut [7].

Bahan komposit yang terbuat dari bahan alam pada kenyataannya belum sepenuhnya mampu menggantikan bahan konvensional karena rendahnya sifat fisis dan mekanis yang dimiliki. Hal tersebut salah satunya disebabkan oleh interaksi yang lemah antara bahan penguat dan matriks serta kecenderungan bahan alam yang hidrofilik. Peningkatan karakteristik bahan komposit dapat dilakukan dengan memodifikasi perekat berbasis pati. Modifikasi pati dapat dilakukan secara kimia. Metode modifikasi pati secara kimia dilakukan dengan menambahkan bahan kimia tertentu untuk menggantikan gugus hidroksil (-OH) pada pati guna memperkuat ikatan rantai antar granula pati [8].

Sejumlah penelitian yang berkaitan dengan modifikasi pati secara kimia telah dilakukan, seperti modifikasi pati beras [9,10], pati sagu [11], dan pati umbi jalar [12]. Salah satu jenis reagen yang biasa digunakan untuk memodifikasi pati yaitu *Sodium Tripolyphosphate* (STPP) [13].

Modifikasi pati dengan STPP dapat menghasilkan pati dengan *swelling power* yang kecil, membuat ikatan pati menjadi kuat, tahan terhadap pemanasan, kondisi asam dan perlakuan mekanis sehingga dapat menurunkan derajat pembengkakan granula. Selain itu, modifikasi pati dengan STPP dapat meningkatkan tekstur, viskositas, kekuatan pasta, dan daya rekat pati serta meningkatkan stabilitas adonan karena adanya ikatan antara pati dengan fosfat diester atau ikatan silang antar gugus hidroksil (-OH) [12,14,15].

Penggunaan perekat berbasis pati termodifikasi dalam pembuatan bahan komposit telah banyak dilakukan oleh peneliti. Pembuatan bahan komposit berbasis partikel kayu karet dan pati beras dimodifikasi *epichlorohydrin* memiliki karakteristik yang lebih baik daripada penggunaan perekat pati beras alami [16]. Selain itu, pembuatan bahan komposit dengan penambahan pati jagung, ganyong dan umbi Garut pada bahan komposit dengan perekat asam sitrat dan penguat partikel bambu petung. Penambahan pati umbi Garut menghasilkan bahan komposit dengan karakteristik yang lebih baik daripada pati ganyong dan pati jagung [7]. Bahan komposit dengan perekat pati singkong termodifikasi dapat digunakan sebagai panel dalam ruangan, partisi dan plafon [17].

Kekuatan bahan komposit yang dihasilkan selain ditentukan oleh jenis perekat juga ditentukan oleh jenis penguat yang digunakan. Telah banyak dikembangkan material penguat dalam pembuatan bahan komposit dengan menggunakan bahan alami berbasis selulosa yang berasal dari alam. Beberapa jenis bahan alam yang pernah digunakan diantaranya serat bambu [4], pelepah salak [5], tongkol jagung dan serbuk gergaji kayu [6]. Kayu jati merupakan salah satu jenis kayu yang banyak digunakan pada industri furnitur. Peningkatan industri pengolahan kayu saat ini menyebabkan meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan dengan jumlah limbah dapat mencapai 54,24% dari total produksi. Sehingga perlu adanya pemanfaatan limbah untuk dapat dijadikan produk baru yang lebih bernilai, salah satunya yaitu dengan pembuatan bahan komposit berbasis partikel kayu [18].

Penelitian yang dilakukan yaitu pembuatan bahan komposit berbasis limbah serbuk kayu jati dan perekat pati umbi Garut termodifikasi STPP. Di dalam tulisan ini akan dipaparkan hasil penelitian yang meliputi kerapatan, kadar air dan

pengembangan tebal serta sifat mekanis meliputi kekuatan dan modulus *bending* bahan komposit.

BAHAN DAN METODE

Preparasi Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan sampel bahan komposit adalah serbuk gergaji kayu jati yang diperoleh dari perusahaan mebel di Bondowoso. Serbuk kayu jati direndam di dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam. Hasil rendaman kemudian dicuci dan dikeringkan. Serbuk kayu jati yang diperoleh kemudian dihaluskan dan diayak, serbuk yang lolos ayakan 40 mesh digunakan sebagai material penguat bahan komposit.

Modifikasi Matriks Pati Umbi Garut

Pati umbi Garut (100 g) dilarutkan ke dalam akuades (250 ml), kemudian sejumlah STPP sesuai variasi (0%, 1%, 3%, dan 5%) dari berat pati umbi Garut ditambahkan ke dalam larutan pati. pH larutan yang terbentuk ditingkatkan hingga 10,5 dengan menggunakan NaOH 5%, kemudian larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu 45 °C selama 1 jam. HCl 1N ditambahkan hingga pH mencapai 5,5 untuk mengakhiri reaksi. Endapan pati kemudian dicuci dengan akuades dan ditambahkan NaOH 5% untuk menetralkan pati. Endapan pati kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 °C selama 8 jam. Pati kering kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran 80 mesh.

Sintesis Bahan Komposit

Sintesis bahan komposit dalam penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan. Tahap pertama yaitu sintesis bahan komposit dengan variasi konsentrasi STPP 0%, 1%, 3%, dan 5%. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi STPP terbaik untuk modifikasi pati umbi Garut sebagai matriks. Konsentrasi STPP terbaik untuk modifikasi pati umbi Garut selanjutnya digunakan untuk penelitian tahap kedua dengan variasi fraksi massa penguat 25%, 50%, dan 75%.

Bahan komposit disintesis dengan berat total 10 g. Pati umbi Garut (5 g) dilarutkan dengan akuades (10 ml) kemudian diaduk hingga rata. Matriks pati umbi Garut kemudian dicampur dengan penguat serbuk kayu jati (5 g) hingga tercampur rata. Campuran yang didapatkan kemudian dipanggang dalam oven pada suhu 100 °C selama 20 menit untuk mengurangi kandungan

air campuran. Campuran selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan logam dengan ukuran lebar 12 mm, panjang 100 mm dan tebal 20 mm. Cetakan dilakukan proses pengempaan dengan alat *hot press machine* pada tekanan 3 MPa dan temperatur 80 °C selama 20 menit. Proses sintesis bahan komposit diakhiri dengan pengeringan sampel hasil sintesis dengan dipanggang (dalam oven) pada suhu 65 °C selama 12 jam. Setiap sampel dilakukan 5 (lima) kali pengulangan.

Karakterisasi Bahan Komposit

Karakterisasi bahan komposit dibagi menjadi dua bagian, yaitu sebelum dan setelah sintesis bahan komposit. Karakterisasi sebelum sintesis bahan komposit menggunakan uji FTIR (*Fourier Transform Infrared*) pada pati umbi Garut termodifikasi. Sementara karakterisasi setelah sintesis bahan komposit menggunakan uji kerapatan, kadar air, pengembangan tebal, kekuatan dan modulus *bending*.

Uji FTIR dilakukan dengan menggunakan mesin uji FTIR NICOLET Is10. Pengujian dilakukan dengan proses *scanning* terhadap pati umbi Garut sebelum dan setelah modifikasi menggunakan STPP. Hasil dari uji FTIR yaitu berupa grafik hubungan antara intensitas gelombang transmisi sebagai fungsi dari bilangan gelombang. Tanggapan spektrum yang diperoleh dari pati umbi Garut selanjutnya dianalisis untuk mengidentifikasi gugus fungsi penyusun pati umbi Garut sebelum dan setelah modifikasi.

Uji kerapatan, kadar air, pengembangan tebal, kekuatan dan modulus *bending* dilakukan dengan mengacu pada standar SNI 03-2105-2006 [19]. Uji kerapatan dilakukan dengan mengukur massa dan dimensi bahan komposit yang meliputi panjang, lebar dan tebal, yang selanjutnya dapat dianalisis untuk menentukan kerapatan bahan komposit menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Densitas (g/cm}^3\text{)} = \frac{M}{V} \quad (1)$$

dengan:

M = massa sampel (gram)

V = volume sampel (cm³)

Pengujian kadar air dilakukan dengan mengukur massa sampel uji kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 100 °C hingga berat bahan komposit konstan. Kadar air ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

dengan:

- m_1 = massa sebelum dikeringkan (g)
- m_0 = massa setelah dikeringkan (g)

Uji pengembangan tebal bahan komposit dilakukan dengan mengukur tebal bahan komposit, kemudian sampel direndam selama 24 jam dan diukur tebal setelah direndam. Penentuan nilai pengembangan tebal ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Pengembangan Tebal (\%)} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad (3)$$

dengan:

- t_1 = tebal sebelum direndam (mm)
- t_2 = tebal setelah direndam (mm)

Uji kekuatan dan modulus *bending* bahan komposit dilakukan melalui uji *bending* menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) Tipe HT2402-10kN. Sampel bahan komposit diletakkan di antara dua penumpu dengan jarak 5 cm. Kemudian data lebar, tebal, dan jarak antar penumpu diinput pada program uji *bending*, dilanjutkan dengan mengatur kecepatan pemberian pembebanan secara berkala dengan kecepatan 10 mm/menit hingga sampel patah. Nilai kekuatan dan modulus *bending* ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (4)$$

$$E_b = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta ybh^3} \quad (5)$$

dengan:

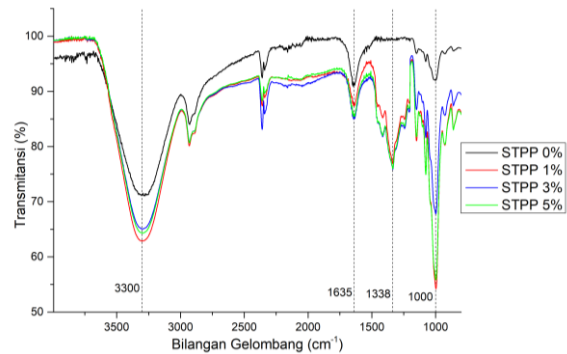
- σ_b = kekuatan *bending* (MPa)
- E_b = modulus *bending* (MPa)
- P = beban tekan (N)
- L = jarak penyangga (mm)
- b = lebar sampel (mm)
- h = tebal sampel (mm)
- y = defleksi (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Uji FTIR

Uji FTIR dilakukan terhadap seluruh sampel pati umbi Garut alami (STPP 0%), dan pati umbi Garut termodifikasi STPP 1%, 3%, 5%. Hasil uji FTIR dinyatakan dalam bentuk grafik

hubungan intensitas transmisi sebagai fungsi dari bilangan gelombang, yang ditunjukkan pada Gambar 1.



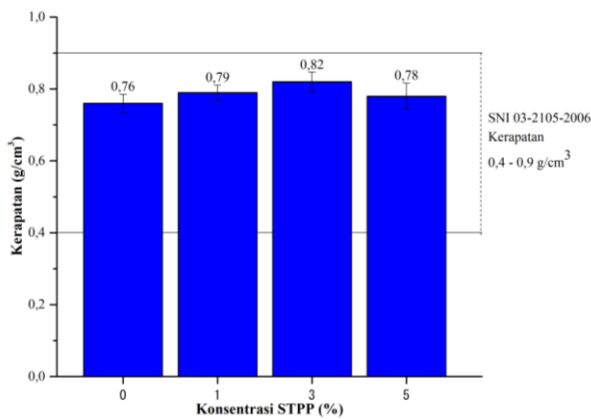
Gambar 1. Spektrum FTIR Pati Umbi Garut pada Berbagai Konsentrasi STPP.

Berdasarkan Gambar 1, terdapat empat puncak spektrum IR pada daerah bilangan gelombang 4000-800 cm^{-1} . Setiap daerah bilangan gelombang yang dihasilkan pada setiap puncak spektrum menunjukkan keberadaan dari suatu gugus fungsi tertentu. Spektrum IR pada keseluruhan jenis pati umbi Garut menunjukkan adanya puncak pada bilangan gelombang 3300 cm^{-1} , yang menandakan adanya gugus hidroksil (-OH), dan berhubungan dengan sifat hidrofilik pati. Puncak pada bilangan gelombang 3300 cm^{-1} yang masih terdeteksi pada pati termodifikasi STPP menunjukkan bahwa modifikasi yang dilakukan belum sepenuhnya mampu menggantikan gugus hidroksil pada pati dengan gugus fosfat dari STPP [20]. Puncak spektrum IR selanjutnya teramati pada daerah bilangan gelombang 1635 cm^{-1} , yang diduga berhubungan dengan keberadaan air yang terikat erat di dalam molekul pati [9].

Modifikasi pati umbi Garut dengan STPP akan berakibat pada terbentuknya gugus fosfat di dalam pati. Terbentuknya gugus fosfat di dalam pati akibat dari proses modifikasi yang dilakukan ditunjukkan pada daerah bilangan gelombang 1338 cm^{-1} dan 1000 cm^{-1} . Pada daerah bilangan gelombang ini, puncak spektrum pada pati tanpa modifikasi (STPP 0%) hanya terdapat pada bilangan gelombang 1000 cm^{-1} dengan intensitas yang sangat lemah, sementara pada pati termodifikasi menunjukkan intensitas yang sangat kuat pada bilangan gelombang 1338 cm^{-1} dan 1000 cm^{-1} . Teramatinya puncak bilangan gelombang 1000 cm^{-1} pada pati tanpa modifikasi dimungkinkan karena ketidakmurnian pati yang digunakan, sehingga pada daerah puncak

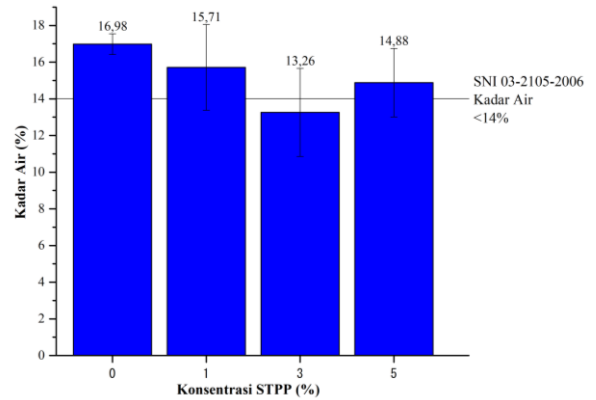
spektrum masih teramati kandungan gugus fungsi fosfat dengan intensitas yang sangat lemah. Puncak spektrum pada daerah bilangan gelombang 1338 cm^{-1} dan 1000 cm^{-1} , menunjukkan bahwa adanya gugus fungsi P=O dan P-O-C yang merupakan gugus fosfat. Hal ini menunjukkan adanya keberhasilan dari proses modifikasi yang dilakukan [21].

Karakteristik Bahan Komposit dengan Matriks Termodifikasi STPP



Gambar 2. Kerapatan Bahan Komposit

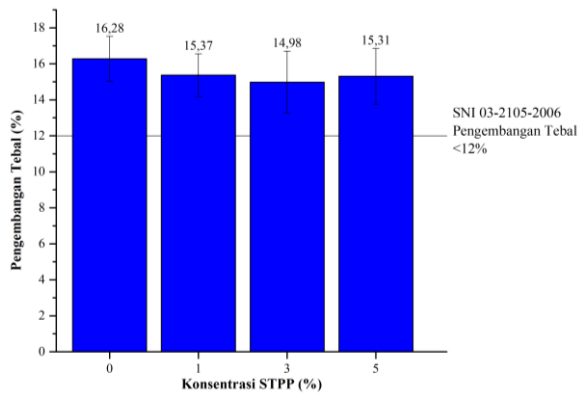
Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa nilai kerapatan tertinggi terdapat pada bahan komposit dengan matriks pati umbi Garut termodifikasi STPP 3% sebesar $(0,82 \pm 0,03)\text{ g/cm}^3$, dan terendah terdapat pada bahan komposit dengan matriks pati umbi Garut alami (STPP 0%) sebesar $(0,76 \pm 0,03)\text{ g/cm}^3$. Hal ini menunjukkan bahwa kerapatan atau densitas bahan komposit dalam penelitian ini dipengaruhi oleh variasi konsentrasi STPP yang digunakan untuk memodifikasi matriks pati umbi Garut. Nilai kerapatan yang dihasilkan pada penelitian menunjukkan bahwa dengan modifikasi matriks pati Garut menggunakan STPP mampu meningkatkan kerapatan bahan komposit. Peningkatan yang terjadi diduga karena dengan modifikasi pati Garut menggunakan STPP akan membentuk gugus fosfat di dalam pati. Gugus fosfat yang terpenetrasi ke dalam granula pati membentuk ikatan kovalen dengan molekul pati menghasilkan molekul yang lebih besar sehingga meningkatkan berat molekul pati secara keseluruhan [22].



Gambar 3. Kadar Air Bahan Komposit

Nilai kadar air masing-masing bahan komposit yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki nilai yang bervariasi sesuai dengan variasi konsentrasi STPP yang digunakan untuk modifikasi. Modifikasi pati umbi Garut dengan STPP mampu menurunkan nilai kadar air bahan komposit. Berdasarkan Gambar 3, nilai kadar air tertinggi terdapat pada bahan komposit dengan matriks pati umbi Garut alami (STPP 0%) sebesar $(16,98 \pm 0,57)\%$, dan terendah pada bahan komposit dengan konsentrasi STPP 3% sebesar $(13,26 \pm 2,4)\%$.

Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh [16], perlakuan modifikasi matriks berbasis pati dapat menurunkan nilai kadar air bahan komposit dibanding dengan pati alami. Gugus fosfat dari STPP mampu bereaksi dengan gugus hidroksil pada pati sehingga membentuk ikatan silang yang dapat menghambat penetrasi air ke dalam pati. Perlakuan modifikasi juga mengakibatkan bertambahnya kandungan amilosa di dalam pati yang memiliki rantai lurus. Bertambahnya kandungan amilosa yang berantai lurus akan menghasilkan jaringan yang lebih rapat, sehingga mampu menurunkan sifat hidrofilik bahan komposit yang dihasilkan. Selain itu, gugus fosfat yang terbentuk di dalam pati akan menghasilkan granula pati yang dapat membatasi penyerapan air dengan membatasi mobilitas rantai pati [9,11]. Akan tetapi, penggunaan konsentrasi STPP yang makin tinggi akan menghasilkan gugus fosfat yang terbentuk makin banyak. Gugus fosfat memiliki sifat polar yang mudah mengikat air, sehingga pada penggunaan konsentrasi STPP yang tinggi akan berakibat pada air yang diikat oleh gugus fosfat makin banyak, sehingga meningkatkan kadar air bahan komposit [8].

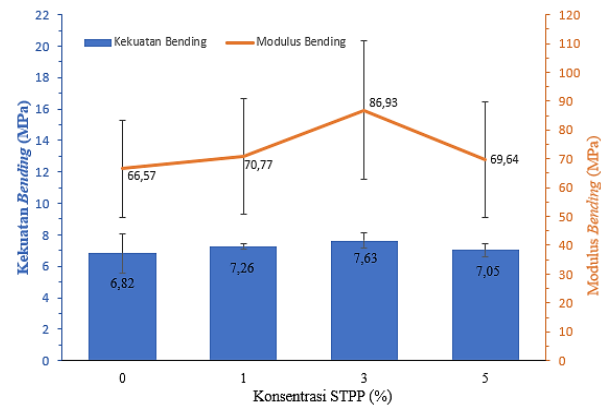


Gambar 4. Pembengangan Tebal Komposit

Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa bahan komposit yang menggunakan matriks berbasis pati umbi Garut termodifikasi STPP memiliki nilai pembengangan tebal yang lebih rendah dibandingkan dengan yang menggunakan pati umbi Garut alami. Nilai pembengangan tebal tertinggi terdapat pada bahan komposit dengan matriks pati umbi Garut alami (STPP 0%) sebesar $(16,28 \pm 1,24)\%$, sedangkan yang terendah terdapat pada bahan komposit dengan matriks pati umbi Garut termodifikasi STPP 3% sebesar $(14,98 \pm 1,72)\%$. Nilai pembengangan tebal bahan komposit mengalami penurunan ketika menggunakan matriks pati umbi Garut termodifikasi STPP hingga 3%, dan mengalami kenaikan saat menggunakan STPP 5%. Modifikasi pati umbi Garut dengan STPP akan berakibat pada terbentuknya gugus fosfat di dalam pati. Adanya gugus fosfat yang terbentuk di dalam granula pati akibat dari proses modifikasi dengan STPP menghasilkan pati dengan ketahanan yang lebih kuat untuk terpenetrasi oleh air. Gugus fosfat yang terbentuk mampu membentuk semacam *water barrier* sehingga mampu membatasi penyerapan air dari bahan komposit [23, 9]. Hal ini sesuai dengan hasil uji FTIR, dimana modifikasi pati dengan STPP mampu membentuk pati fosfat yang mampu mengurangi sifat hidrofilik bahan komposit.

Penggunaan konsentrasi STPP sebagai reagen untuk modifikasi pati umbi Garut dengan konsentrasi yang terlalu tinggi akan menyebabkan penurunan stabilitas dimensi bahan komposit. Pada konsentrasi reagen yang lebih tinggi akan menghasilkan pati dengan ukuran granula pati yang lebih besar. Kondisi tersebut berakibat pada kemungkinan peningkatan sejumlah volume pati bebas di dalam bahan

komposit, sehingga air akan lebih mudah terpenetrasi ke dalam dan meningkatkan nilai pembengangan tebal bahan komposit [10]. Selain itu, penambahan senyawa fosfat yang berasal dari STPP berpengaruh terhadap karakteristik fisik molekul pati yaitu meningkatkan jumlah porositas bahan. Porositas merupakan jumlah pori-pori pada bahan, sehingga dengan meningkatnya porositas bahan akan berakibat pada semakin tingginya penyerapan air di dalam bahan tersebut [12].



Gambar 5. Kekuatan Bahan Komposit

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 5, kekuatan dan modulus *bending* tertinggi didapatkan pada bahan komposit dengan matriks pati umbi Garut termodifikasi STPP 3% dan terendah pada bahan komposit dengan matriks pati umbi Garut alami (STPP 0%). Secara berurutan nilai kekuatan *bending* bahan komposit dengan konsentrasi STPP 3% dan 0% yaitu $(6,82 \pm 1,25)$ MPa, dan $(7,63 \pm 0,49)$ MPa, serta modulus *bending* yaitu $(66,57 \pm 16,75)$ MPa, dan $(86,93 \pm 24,02)$ MPa. Kekuatan dan modulus *bending* yang diperoleh pada penelitian ini memiliki nilai yang lebih tinggi daripada penelitian yang dilakukan oleh [17], yaitu pembuatan bahan komposit dengan penguat partikel kayu ulin dan matriks pati singkong termodifikasi *glutaraldehyde*. Hasil yang diperoleh yaitu kekuatan *bending* mulai dari 0,055 sampai 0,342 MPa, dan modulus *bending* mulai 5,9 sampai 32,3 MPa. Penggunaan matriks berbasis pati Garut termodifikasi STPP dapat meningkatkan kekuatan dan modulus *bending* bahan komposit dibandingkan dengan menggunakan matriks pati alami. Hal ini karena penggunaan pati termodifikasi STPP memungkinkan terjadinya ikatan silang antara gugus fosfat dari STPP dengan gugus hidroksil pada pati dan partikel kayu. Terbentuknya gugus

fosfat di dalam granula pati dibuktikan dengan adanya hasil uji FTIR. Adanya ikatan silang yang terjadi dapat meningkatkan daya ikat antara matriks dan penguat, meningkatkan transfer tegangan di dalam bahan, dan lebih tahan terhadap perlakuan mekanik [16].

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa penggunaan STPP dengan konsentrasi hingga 3% mampu meningkatkan kekuatan dan modulus *bending*, sedangkan pada penggunaan STPP 5% sifat mekanis bahan komposit mengalami penurunan. Secara keseluruhan, konsentrasi STPP yang digunakan untuk modifikasi pati menjadi indikator penting untuk meningkatkan kekuatan dan modulus *bending* bahan komposit. Pada konsentrasi yang rendah, ikatan silang yang terjadi di antara bahan penyusun menjadi sangat terbatas karena gugus fosfat tidak dapat menggantikan sejumlah besar gugus hidroksil yang terdapat dalam pati, akibatnya kekuatan mekanisnya akan menurun. Sedangkan, pada konsentrasi yang terlalu tinggi terjadi ikatan silang yang berlebih di dalam bahan penyusun, hal ini akan membatasi mobilitas dari molekul pati yang dapat berakibat pada menurunnya kekuatan dan modulus *bending* bahan komposit [9].

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Modifikasi pati umbi Garut dengan berbagai variasi konsentrasi larutan STPP mengakibatkan munculnya puncak spektrum FTIR pada daerah bilangan gelombang 1338 cm^{-1} dan 1000 cm^{-1} yang masing-masing merupakan gugus fosfat (P=O dan P-O-C). Hal ini yang mengakibatkan bahwa karakteristik bahan komposit hasil sintesis dengan fraksi massa serbuk kayu jati 50% berubah dengan berubahnya konsentrasi STPP yang digunakan untuk memodifikasi pati umbi Garut. Karakteristik bahan komposit terbaik diperoleh pada bahan komposit dengan matriks pati umbi Garut yang dimodifikasi STPP dengan konsentrasi 3% dari massa pati umbi Garut. Bahan komposit dengan matriks pati umbi Garut termodifikasi STPP 3% memiliki nilai kerapatan ($0,82 \pm 0,03$) gr/cm³, kadar air ($13,26 \pm 2,4$)%, pengembangan tebal ($14,98 \pm 1,72$)%, kekuatan *bending* ($7,63 \pm 0,49$) MPa, dan modulus *bending* ($86,93 \pm 24,02$) MPa.

Saran

Variasi yang dilakukan dalam penelitian ini telah menunjukkan hasil bahwa setiap variasi berpengaruh terhadap karakteristik bahan komposit. Akan tetapi, perlu dilakukan uji *internal bonding* bahan komposit untuk mengetahui lebih detail pengaruh variasi yang dilakukan terhadap karakteristik bahan komposit, hal ini karena berkaitan dengan daya ikat antara penguat dan matriks yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biro Pusat Statistik, "Produksi Kayu Bulat Perusahaan Hak Pengusahaan Hutan (HPH) Menurut Provinsi (m3)", 2003-2017, online: <https://www.bps.go.id/indicator/60/1723/1/>, 2017.
- [2] Satyanarayana, K., "Recent Developments in Green Composites based on Plant Fibers-Preparation, Structure Property Studies," *J. Bioprocess. Biotech.*, vol. 05, no. 02, 2015, doi: 10.4172/2155-9821.1000206.
- [3] "A review of human carcinogens. Part F: Chemical agents and related occupations", *IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. Lyon, France, World Health Organization, 2009.
- [4] Sujito, "Fabrication 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. 2, pp. 33-36, 2014.
- [5] Widyorini, R., K. Umemura, D. K. Soraya, G. K. Dewi, dan W. D. Nugroho, "Effect of Citric Acid Content and Extractives Treatment on The Manufacturing Process and Properties of Citric Acid-Bonded Salacca Frond Particleboard". *Journal BioResources*, vol. 14, no. 2, pp. 4171-4180, 2019.
- [6] Akinyemi, A. B., J. Afolayan, dan E. O. G. Oluwatobi, "Some Properties of Composite Corn Cob and Sawdust Particle Boards", *J Construction Building Materials*, vol. 127, pp. 436-441, 2016.
- [7] Widyorini, R., K. Umemura, A. R. Kusumaningtyas, dan T. A. Prayitno. "Effect of Starch Addition on Properties of Citric Acid-Bonded Particleboard Made

- from Bamboo”, *J BioResources*, vol. 12, no. 4, pp. 8068-8077, 2017.
- [8] Novitasari, S., I. W. R. Widarta, dan A. I. S. Wiadnyani, “Pengaruh Penambahan Sodium Tripolifosfat (Stpp) Terhadap Karakteristik Pati Sente (*Alocasia Macrorrhiza* (L.) Schoot) Yang Dimodifikasi Dengan Metode Cross-Linking”, *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, vol. 5, no. 2, pp. 103-110, 2016.
- [9] Detduangchan, N., W. Sridach, dan T. Wittaya, “Enhancement of The Properties of Biodegradable Rice Starch Films by Using Chemical Crosslinking Agents”, *J International Food Research Journal*, vol. 21, no. 3, pp. 1225-1235, 2014.
- [10] Shen, Y., N. Zhang, Y. Xu, J. Huang, D. Wu, dan X. Shu, “Physicochemical Properties of Hydroxypropylated and Cross-linked Rice Starches Differential in Amylose Content”, *International journal of biological macromolecules*, vol. 128, pp. 775-781, 2019.
- [11] Maharani, Y., F. Hamzah, dan R. Rahmayuni, “Pengaruh Perlakuan Sodium Tripolyphosphate (STTP) Pada Pati Sagu Termodifikasi Terhadap Ketebalan, Transparansi dan Laju Perpindahan Uap Air Edible Film”, *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*, vol. 4, no. 2, pp. 1-10, 2017.
- [12] Yustiawan, H. P. Hastuti, dan S. Yanti, “Pengaruh Modifikasi Crosslink Terhadap Karakteristik Tepung Umbi Jalar Saat Dipanaskan”, *Pro Food (Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan)*, vol. 5, no. 1, pp. 420-429, 2019.
- [13] Chen, Y.-F., L. Kaur, dan J. Singh, “Starch in Food: Structure, Function and Applications”, Woodhead Publishing, 2018.
- [14] Raina, C., S. Singh, A. Bawa, dan D. Saxena, “Some Characteristics of Acetylated, Cross-Linked and Dual Modified Indian Rice Starches”, *J European Food Research Technology*, vol. 223, no. 4, pp. 561-570, 2006.
- [15] Latifah, H., dan Yunianta, “Modifikasi Pati Garut (*Marantha arundinacea*) Metode Ganda (Ikatan silang–Substitusi) dan Aplikasinya sebagai Pengental pada Pembuatan Saus Cabai” *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 5, no. 4, 2017.
- [16] Sulaiman, N. S., R. Hashim, S. Hiziroglu, M. H. M. Amini, O. Sulaiman, dan M. E. Selamat, “Rubberwood Particleboard Manufactured Using Epichlorohydrin-Modified Rice Starch as a Binder”, *J Cellulose Chemistry Technology*, vol. 50, no. 2, pp. 329-338, 2016.
- [17] Akpenpuun, T. D., dan R. Gbadeyanka, “Strength and Micro-structural Properties of Wood Chips Composite Panel” *J BioResources*, vol. 15, no. 1, pp. 1861-1876, 2020.
- [18] Sutarman, I. W, “Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu di Kota Denpasar (Studi Kasus Pada CV Aditya)”, *J Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, vol. 10, no. 1, pp. 15-22, 2016.
- [19] *Papan Partikel*, SNI Standar 03-2105-2006.
- [20] Zuhra, C. F., M. Ginting, M. Marpongahtun, dan A. Syufiatun, “Modifikasi Pati Sukun Dengan Metode Ikat Silang Menggunakan Trinatrium Trimetafosfat”, *J Chimica et Natura Acta*, vol. 4, no. 3, pp. 142-146, 2016.
- [21] Mohamed, M., J. Jaafar, A. Ismail, M. Othman, dan M. Rahman, “Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy”, Dalam *Membrane Characterization*, Elsevier B.V, 2017.
- [22] Retnaningtyas, D. A., dan W. D. R. Putri, “Karakterisasi Sifat Fisikokimia Pati Ubi Jalar Oranye Hasil Perlakuan STPP (Lama Perendaman dan Konsentrasi)”, *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 2, no. 4, pp. 68-77, 2014.
- [23] Sulaiman, N. S., R. Hashim, M. H. M. Amini, O. Sulaiman, dan S. Hiziroglu, “Evaluation of The Properties of Particleboard Made Using Oil Palm Starch Modified with Epichlorohydrin”, *J BioResources*, vol. 8, no. 1, pp. 283-301, 2013