

FOURIER TRANSFORM INFRA-RED (FT-IR) SPECTROSCOPY DAN KEKUATAN TARIK SERAT KULIT BATANG MELINJO MENGGUNAKAN MODIFIKASI DISTRIBUSI WEIBULL

Sri Chandrabakty⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako

Email: chandrabakty@untad.ac.id

Abstract: Fourier Transform Infra-Red (FT-IR) spectroscopy and Tensile Strength of Melinjo Leather Fiber Using Modified Weibull Distribution. This study aims to analyze the influence of surface treatment on the chemical properties of the fiber stem (bast fiber) melinjo (*Gnetum gnemon*) and its relation to the mechanical properties of the fiber. The research process begins with providing surface treatment on fiber rods melinjo, ie boiling the water for 3 hours of media and media NaOH 5% respectively for 2 hours and 3 hours. Then the fiber surface morphology observed using Scanning Electron Microscopy (SEM), further testing of FT-IR is useful to re-characterization of the chemical changes that occur in the fiber caused by the treatment given. The results of these observations are then compared with the value of bark fiber tensile strength melinjo analyzed using a modified Weibull distribution. CH at $\sim 2900\text{ cm}^{-1}$ was seen in all types of fibers and the highest intensity seen in the media treatment of the fiber with water 3 hours. Group C = O (carbonyl) at $\sim 1735\text{ cm}^{-1}$ is only seen in fibers with boiled treatment for 180 hours. C-OH group at $\sim 1239\text{ cm}^{-1}$ peak decreases as the duration of treatment. Of physical and mechanical properties of the fiber, the fiber surface treatment on stem melinjo not only look at the surface topography but also on the distribution of fiber diameter and fiber strength were analyzed by two-parameter Weibull distribution model.

Keywords: Fourrier Transform Infra Red (FT-IR), melinjo leather fiber, Weibull Distribution

Abstrak: Fourier Transform Infra-red (FT-IR) Spectroscopy dan Kekuatan Tarik Serat Kulit Batang Melinjo Menggunakan Modifikasi Distribusi Weibull. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perlakuan permukaan terhadap sifat kimia pada serat batang (*bast fiber*) melinjo (*gnetum gnemon*) beserta kaitannya terhadap sifat mekanis serat. Proses penelitian diawali dengan memberikan perlakuan permukaan pada serat batang melinjo, yaitu perebusan dengan media air selama 3 jam dan media NaOH 5% masing-masing selama 2 jam dan 3 jam. Morfologi permukaan serat kemudian di observasi menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM), selanjutnya dilakukan pengujian FT-IR yang berguna untuk meng-karakterisasi perubahan kimiawi yang terjadi pada serat yang disebabkan oleh perlakuan yang diberikan. Hasil pengamatan ini kemudian dibandingkan dengan nilai kekuatan tarik serat kulit batang melinjo yang di analisis dengan menggunakan modifikasi distribusi Weibull. Gugus C-H pada $\sim 2900\text{ cm}^{-1}$ terlihat pada semua jenis serat dan terlihat intensitas tertinggi pada serat dengan perlakuan media air 3 jam. Gugus C=O (*carbonyl*) pada $\sim 1735\text{ cm}^{-1}$ hanya terlihat pada serat dengan perlakuan rebus selama 180 jam. Gugus C-OH pada puncak $\sim 1239\text{ cm}^{-1}$ semakin menurun seiring dengan lamanya perlakuan. Dari sifat fisik dan mekanis serat, proses perlakuan permukaan pada serat batang melinjo tidak hanya terlihat pada topografi permukaan serat tapi juga pada distribusi diameter dan kekuatan serat yang di analisis dengan model distribusi Weibull dua parameter.

Kata Kunci: Fourrier Transform Infra Red (FT-IR), serat batang melinjo, Distribusi Weibull.

PENDAHULUAN

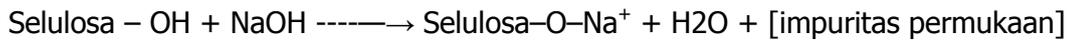
Meningkatnya pemanfaatan serat alam sebagai bio-komposit dalam ilmu rekayasa material tidak lepas dari issue mengenai dampak lingkungan serta keberlanjutan dari sumber serat tersebut. Serat-serat *lignocellulosic* yang berasal dari struktur jaringan tumbuhan sebagai serat alternatif bagi serat sintetik, memberi harapan terhadap tingkat CO₂ di udara,

kemampuan serat untuk dapat terurai oleh bakteri (*biodegradability*) dan sifat mekanis yang dapat disandingkan dengan serat sintetik.

Serat dan matriks alami mempunyai kelemahan bila digunakan sebagai komposit kenaseringnya terdapat ketidaksuaiannya antara sifat *hydrophobic* polimer matrik dengan sifat *hydrophilic* serat. Hal ini menyebabkan lemahnya formasi *interface*,

yang berakibat pada rendahnya sifat mekanis dari komposit. Kekurangan yang lain dari komposit yang diperkuat oleh serat alam adalah karena sensitivitas yang tinggi terhadap air dan relatif kurang terhadap stabilitas termal. Daya serap air (*water absorption*) pada komposit merupakan hal yang penting karena kemampuan serat menyerap air pada komposit dapat menyebabkan penggelembungan (*swelling*) dan dimensi yang tidak stabil yang dapat menurunkan sifat mekanis terhadap degradasi serat dan kemampuan rekat antara serat dan matriks (Doan, 2006).

Untuk meningkatkan ikatan antar-muka antara serat dan matriks, sebagian besar dilakukan dengan membuang sifat mekanis rendah dari serat seperti, lilin (*wax*), *pectin*, *hemicelluloses* dan *lignin* yang menutupi permukaan luar dinding serat. Bahan kimia yang sering digunakan untuk merendam dan membersihkan permukaan serat tumbuhan adalah natrium hidroksida (NaOH), proses ini dikenal dengan *mercerization*. Reaksi yang terjadi antara NaOH dengan serat dapat digambarkan sebagai berikut :



FT-IR (*Fourier Transform Infra-Red*) *micro spectroscopy* merupakan teknik *spectroscopic* dengan menggunakan gelombang cahaya yang sering digunakan sebagai alat identifikasi "tidak merusak" (*non destructive identification*) pada molekul spesies termasuk serat alam. Serat alam dengan mudah dapat diklasifikasikan struktur kimianya, (Derrick, dkk., 1999) . Pengamatan dilakukan dari interaksi dari energi radiasi terhadap permukaan material. Sebuah spektrum infra merah (IR) menunjukkan detektor respon sebagai persentase transmittance (%T) pada sumbu-y dan frekuensi infra merah dalam term wavenumber (cm⁻¹) pada sumbu-x. Dalam eksprimen infra merah terdapat dua tipe interaksi yang sangat penting yaitu absorpsi (*absorption*) dan transmisi (*transmission*). Dari hasil panjang gelombang dan frekuensi radiasi infra merah yang menerpa sampel, hubungan kedua interaksi tersebut didapatkan melalui persamaan:

$$A = \log \frac{1}{T} \text{(1)}$$

Dimana : A = *absorbance* dan T = *transmittance* (% T/100).

Sementara itu, Untuk menganalisis kinerja mikro mekanis pada komposit yang diperkuat serat alam dapat di lakukan dengan menggunakan teori transfer beban Kelly-Tyson. Dengan mengetahui kekekuatan geser antar-muka (IFFS) melalui persamaan matematika sebagai berikut:

$$\tau = \frac{\sigma_f \cdot d}{2l_c} \text{(2)}$$

Di mana d adalah diameter serat dan σ_f kekuatan serat pada panjang gauge yang sama dengan panjang kritis l_c . Diameter serat dapat diketahui dengan menggunakan mikroskop dan l_c dapat diukur dengan pengujian fragmentasi serat tunggal.

Nilai σ_f juga dapat diperoleh melalui persamaan yang diperoleh dari teori distribusi Weibull. Pickering & Murray (1999) mengatakan, bahwa berdasarkan teori *weakest-link*, distribusi Weibull sering digunakan untuk menggambarkan kekuatan tarik dari material yang getas seperti serat karbon dan serat gelas. Distribusi weibull juga telah digunakan dalam menganalisis sifat tarik pada beberapa serat yang diperoleh dari kulit batang (*bast fiber*) seperti jute (Doan dkk,2006), hemp (Pickering dkk, 2007) dan rami (Zafeiropoulos & Baillie, 2007). Distribusi kekuatan tarik σ biasanya digambarkan dengan menggunakan persamaan distribusi Weibull dua parameter (Xia, dkk, 2009).

$$P = 1 - \exp \left[-l \left(\frac{\sigma - \sigma_u}{\sigma_o} \right)^w \right] \text{(3)}$$

Di mana w merupakan modulus Weibull yang menggambarkan variabilitas nilai kekuatan serat, σ_o adalah karakteristik kekuatan, P merupakan probabilitas kegagalan dari panjang serat / yang

menerima beban σ . σ_0 merupakan karakteristik kekuatan dari unit dan biasa disebut sebagai skala parameter weibull. Sedangkan σ_u adalah nilai terendah dari kekuatan serat dan sering di set menjadi nol untuk penyederhanaan. Oleh karena itu persamaan distribusi Weibull-dua parameter juga dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P = 1 - \exp \left[-1 \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^w \right] \dots \dots \dots (3)$$

Nilai modulus weibull (w) yang rendah mengindikasikan variabilitas yang tinggi. Persamaan distribusi Weibull-dua parameter kemudian dapat dituliskan kembali menjadi persamaan berikut (Liu & Dai, 2007):

$$\ln \left[\ln \frac{1}{1-P} \right] = w \ln \sigma - w \ln \sigma_0 + \ln l \dots (3)$$

Di mana w dan σ_0 dapat diperoleh dari slope dan perpotongan dari plot $\ln [\ln 1/(1-P)]$ versus $\ln \sigma$.

Nilai P dapat di estimasi dengan menggunakan fungsi yang dikenal sebagai index probabilitas:

$$P = \frac{i}{n+1} \dots \dots \dots (4)$$

Di mana n merupakan jumlah data point, dan i adalah peringkat data ke- i .

Penggunaan modifikasi Weibull juga telah digunakan dalam menganalisis kekuatan tarik pada serat wool (Zhang dkk, 2002). Serat batang melinjo (*gnetum gnemon*) yang berasal dari kulit batang pohon, tentu saja berbeda dengan serat wool maupun serat buatan (sintetis) karena merupakan filament panjang yang terdiri dari sejumlah sel utama pendek yang di ikat oleh lignin (9.82 %) dan *hemi-cellulose* (24.02 %), (Chandrabakty, 2009).

Pada tulisan ini, penulis mencoba menganalisis pengaruh perlakuan permukaan terhadap morfologi serat kulit batang melinjo. Dengan memberikan variasi perlakuan permukaan berupa perebusan dengan media air selama 2 jam serta perebusan dengan media NaOH 5% selama 2 jam dan 3 jam, serat kulit batang melinjo

akan dievaluasi dari morfologi permukaan serat dan analisis FT-IR spectroscopy dan memprediksi kekuatan serat seperti serat kulit batang melinjo dan lainnya yang memiliki struktur yang sama dari sebuah model matematika yang akurat.

METODE EKSPERIMENTAL

Material dan perlakuan permukaan

Serat batang melinjo diperoleh dengan meng-ekstrak kulit batang (*bast fiber*). Agar keseragaman tetap terjaga, kulit batang diambil dari pohon yang berusia sekitar 5 tahun dengan diameter batang berkisar antara 15-20 cm. Kulit batang diambil pada ketinggian 1 meter dari permukaan tanah untuk menghindari pengaruh degradasi lingkungan tanah.

Untuk menghilangkan kotoran seperti *lignin*, *wax* maupun impuritas lainnya pada permukaan serat, maka serat diberi perlakuan berupa perebusan dengan media air selama 3 jam, serta perebusan dengan media NaOH 5 % selama 2 jam dan 3 jam.

Pengukuran Spectroscopic

Spektrum infra merah dari sampel serat alam ($4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$) direkam dengan menggunakan FT-IR Spectrometer FTIR Shimadzu seri 8400S dengan *beam splitter plat*. Sebelum melakukan pengujian sampel serat terlebih dahulu dicampur dengan bubuk KBr (Potassium Bromide) kemudian di *press* dingin yang disesuaikan dengan cawan pengukuran FT-IR, hal ini dilakukan agar senyawa pada serat dapat dengan mudah di karakterisasi oleh infra merah *spectroscopy*.

Pengamatan Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM adalah merupakan mikroskop yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan benda. Pada penelitian ini dibutuhkan studi mikroskopis untuk mengetahui karakteristik dan topografi permukaan serat komposit. Terlebih dahulu serat yang akan di amati diberi pelapisan emas dengan menggunakan mesin *coating*.

Pengukuran Diameter Serat

Diameter serat diukur dengan menggunakan mikroskop dan menggunakan software Image *Pro-Analyzer v.6*. Pengukuran diameter dilakukan pada 40 sampel untuk setiap variasi perlakuan permukaan. Koefisien variasi dari diameter serat (*Coefficient of variations of fiber diameter, CVFD*) adalah nilai rata-rata dari koefisien variasi diameter serat pada setiap variasi perlakuan serat.

Pengujian Tarik

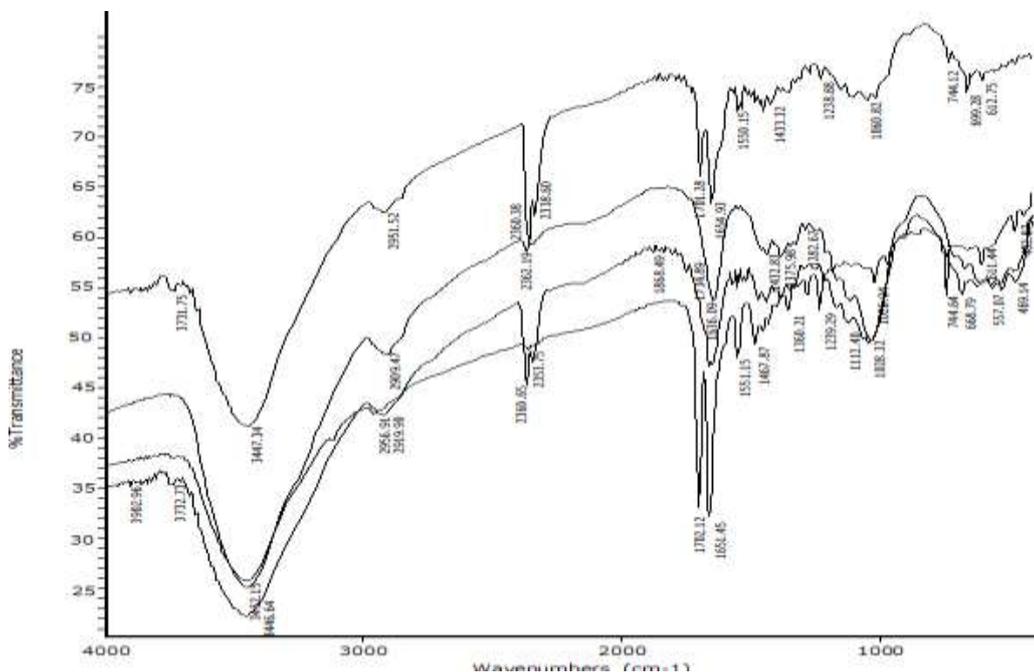
Sifat tarik dari serat batang melinjo di evaluasi dengan mengacu pada ASTM C 1557-03. Perlakuan permukaan serat juga divariasikan yaitu perlakuan rebus dengan media air dan perlakuan rebus dengan media NaOH 5%.

HASIL DAN DISKUSI

Analisis FTIR spectroscopy serat

Serat batang melinjo dianalisis dengan FTIR spectroscopy menggunakan pemindaian *attenuated total reflectance* dengan resolusi 2 cm⁻¹. Kisaran pemindaian

dilakukan dari 4000 cm⁻¹ hingga 450 cm⁻¹. Gambar 1 menunjukkan spektrum FTIR pada serat tanpa perlakuan (UT), perebusan dengan media air selama 180 menit, serta perebusan dengan media NaOH 5 % selama 2 jam dan 3 jam. Spektrum menunjukkan banyak ikatan *transmittances*. Pita serapan hidrokarbon regangan CH terlihat pada semua serat, pada kisaran gugus 2900 cm⁻¹ hingga 2960 cm⁻¹. Gugus Carbonyl (C=O) pada puncak 1730 cm⁻¹ hingga 1734 cm⁻¹ terlihat nyata pada serat tanpa perlakuan kemudian menghilang pada serat dengan media NaOH 5% 3 jam dan perebusan 3 jam, hal ini seiring dengan semakin berkurangnya hemiselulosa pada permukaan serat. Puncak 1239 cm⁻¹ yang merupakan gugus C-OH yang dibentuk oleh kelompok *acetyl* dari *lignin* hanya terlihat pada serat tanpa perlakuan dan menghilang seiring lamanya perlakuan. Proses perebusan dengan media air dan alkali mampu menurunkan kadar lignin dari permukaan serat.



Gambar 1. Spektrum Infra-Red serat batang melinjo : (a) Perlakuan rebus media NaOH 5% 2H; (b) Perlakuan rebus media NaOH 5% 3H; (c) Perlakuan rebus media air 3H; (d) Tanpa perlakuan.

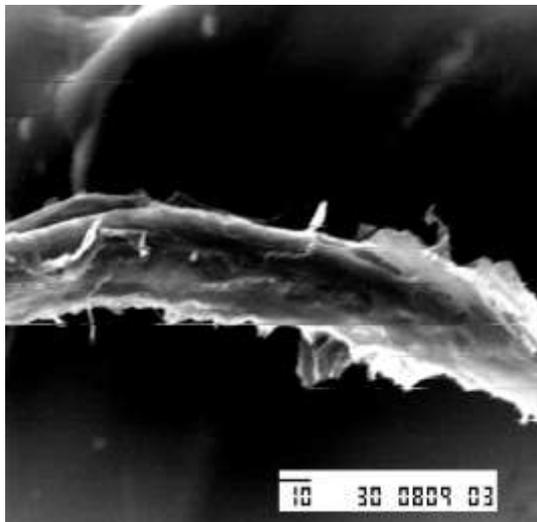
Analisis SEM

Serat batang melinjo diperoleh dengan meng-ekstrak kulit batang (*bast*

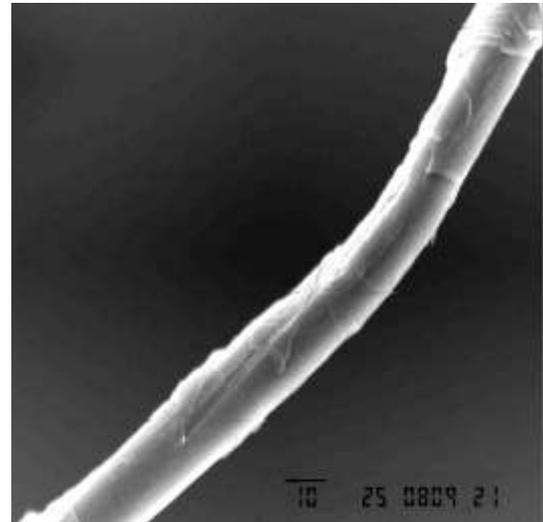
fiber). Dari hasil pengamatan SEM terlihat bahwa, Serat yang tidak mendapatkan perlakuan sepanjang serat tunggalnya

masih menempel lapisan-lapisan lignin maupun impuritas lainnya. Lapisan *lignin*, *wax* dan impuritas ini membuat diameter serat menjadi lebih besar dan tidak seragam. Permukaan serat yang mendapatkan perlakuan media air dan alkali

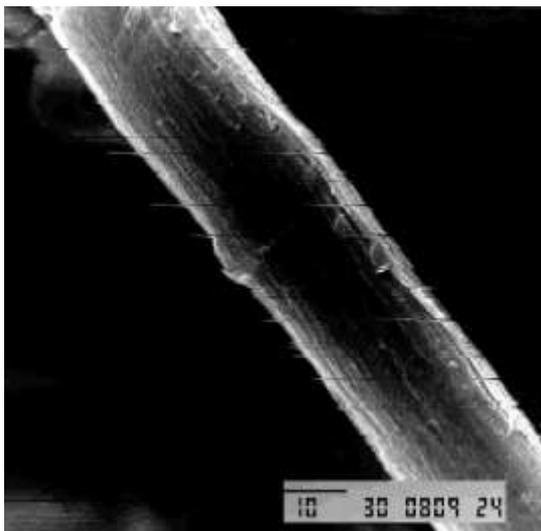
menjadi lebih bersih dari lignin dengan diameter yang lebih kecil dan seragam. Khususnya pada serat dengan perlakuan media NaOH 5% terlihat pori-pori pada permukaan menjadi lebih terbuka serta terlihat kasar.



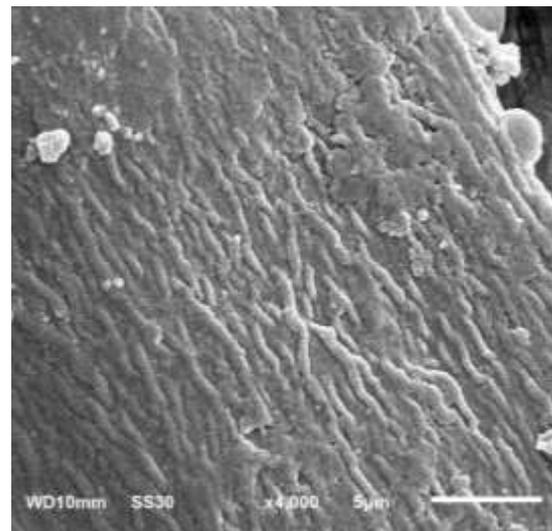
a.



b.



c.



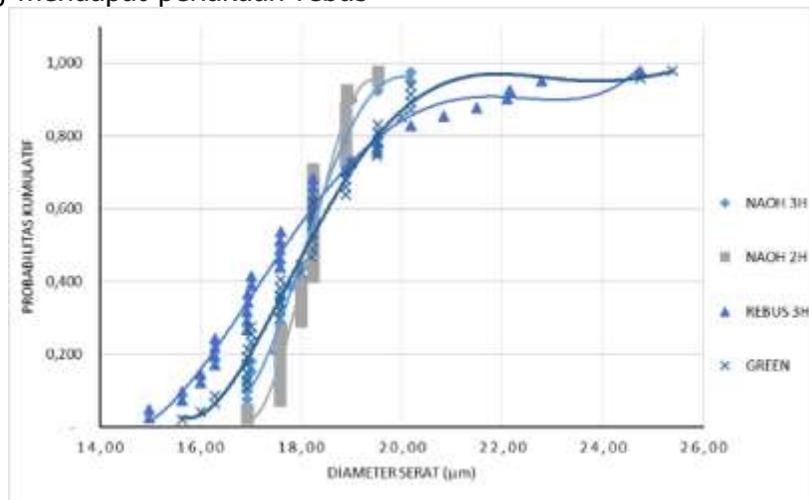
d.

Gambar 2. Scanning electron serat batang melinjo : (a) Tanpa perlakuan (UT); (b) Perlakuan rebus media air 3H; (c) Perlakuan rebus media NaOH 5% 3H (Chandrabakty, 2009); (d) Topografi permukaan serat dengan perlakuan rebus media NaOH 5% 3H.

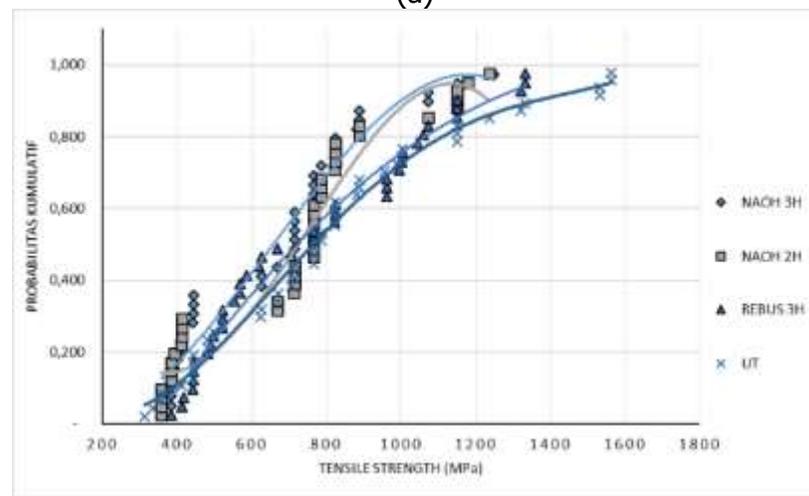
Distribusi dan karakterisasi sifat kekuatan tarik serat batang melinjo

Pada gambar 3, menunjukkan distribusi diameter kumulatif pada serat, masing-masing yang tanpa perlakuan, rebus media air 3H, rebus media NaOH 5% 2H dan rebus media NaOH 5% 3H. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sebaran diameter pada serat yang mendapat perlakuan rebus

media NaOH 5% 3H dan 2H berada pada kisaran yang lebih rapat (lebih seragam) 17 μm –20 μm dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan dan serat yang mengalami perebusan media air 3H yang sebaran diameternya lebih renggang berkisar pada 15 μm –26 μm .



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Distribusi diameter kumulatif; **(b)** Distribusi kekuatan tarik kumulatif, pada serat batang melinjo yang tanpa perlakuan dan yang mengalami perlakuan.

Besarnya diameter pada serat tanpa perlakuan (UT) disebabkan oleh lapisan lignin dan wax pada permukaan serat. Sementara pada serat yang mengalami perebusan media air juga belum

sepenuhnya mampu menghapuskan lapisan impuritas tersebut pada permukaan serat batang melinjo. Perlakuan alkali pada permukaan serat seperti NaOH mampu mereduksi diameter serat dengan

menghilangkan zat impuritas pada permukaannya. Hal tersebut juga mampu menyeragamkan diameter serat alam, di mana selalu menjadi kekurangan serat alam di banding serat sintetik adalah ketidak seragaman diameter serat.

Karakterisasi Sifat Kekuatan Tarik Serat Batang Melinjo dengan metode Weibull

Pada tabel 1, memperlihatkan parameter Weibull pada serat batang melinjo baik yang tidak mendapatkan perlakuan maupun yang telah mengalami perlakuan rebus media air dan NaOH 5%. Waktu perlakuan pemanasan pada serat batang melinjo serta meningkatnya konsentrasi NaOH mampu menurunkan kekuatan tarik pada serat. Konsentrasi larutan alkali menyebabkan terlepasnya

ikatan antar serat dari bentuk bundel serat serta perubahan pada permukaan serat. Namun perlakuan pemanasan dan penambahan konsentrasi NaOH pada serat berbasis selulosa, mampu mereduksi ketidak-seragaman dimensi pada serat. Secara umum, ketidak-seragaman pada serat alami adalah karena dominasi cacat pada strukturnya. Dari hasil perhitungan kekuatan tarik serat, lama waktu perlakuan dan konsentrasi NaOH berpengaruh pada menurunnya standard deviasi pada nilai kekuatan tarik. Besarnya kekuatan tarik serat pada perlakuan rebus media air dibanding media NaOH 5%, karena perlakuan rebus dengan media air mampu meningkatkan derajat kristalinitas, faktor orientasi kristalit serta ukuran kristalit, (Munawar dkk. 2007).

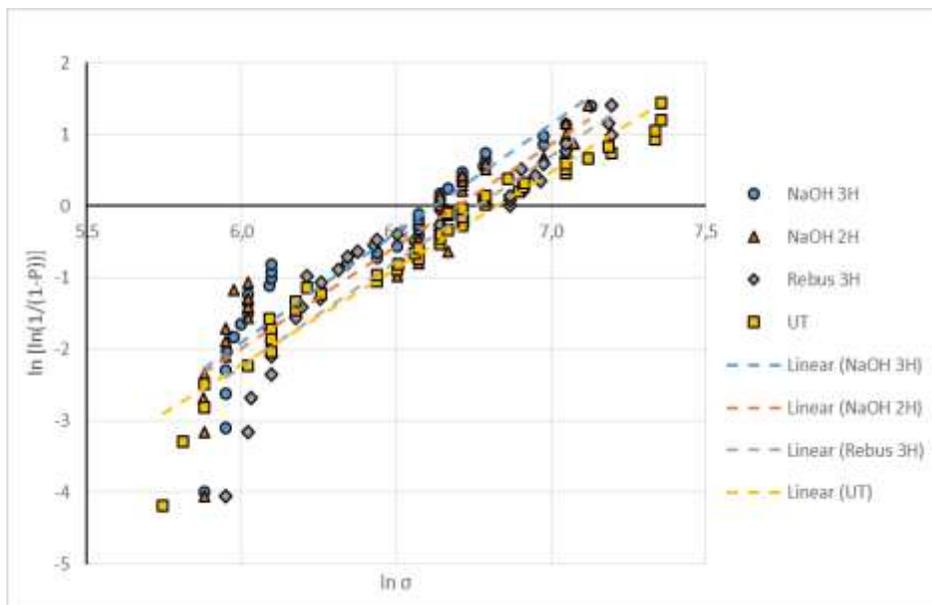
Tabel 1. Parameter Weibull pada serat batang melinjo

Serat batang melinjo	Diameter \pm SD* (μ m)	Kekuatan tarik \pm SD* (MPa)	Modulus Weibull	Karakteristik kekuatan tarik (MPa)
Tanpa perlakuan (UT)	18,41 \pm 1,9	816,4 \pm 346,0	2,84	906,7
Media rebus air 3H (Rebus 3H)	18,12 \pm 2,2	767,4 \pm 290,0	3,34	843,6
Media NaOH 5% 2H (NaOH 2H)	18,20 \pm 0,6	713,4 \pm 256,9	3,31	786,0
Media NaOH 5% 3H (NaOH 3H)	18,14 \pm 0,9	668,7 \pm 237,5	3,53	733,9

* SD, Standard deviasi

Grafik parameter Weibull, dapat dilihat pada gambar 4, di bawah ini. Terjadi peningkatan pada modulus Weibull, yaitu pada serat tanpa perlakuan sebesar 2,84, perlakuan rebus media air selama 3 jam 3,34, perebusan dengan media NaOH 5% 2 jam 3,31 dan perebusan dengan media

NaOH 5% 3 jam sebesar 3,53. Hal ini menunjukkan variabilitas yang jelas dalam kekuatan, pada serat tanpa perlakuan jika dibandingkan dengan serat yang mendapatkan perlakuan perebusan baik dengan media air maupun media NaOH.



Gambar 4. Grafik parameter Weibull pada serat batang melinjo (gnetum gnetum).

SIMPULAN

Perlakuan permukaan pada serat batang melinjo berupa perebusan dengan media air 2 jam, perebusan dengan media NaOH 5% 2 jam dan NaOH 5% 3 jam, mampu memberi dampak pada sifat kimia, fisika dan sifat mekanis. Meningkatnya konsentrasi NaOH, mampu menghilangkan lapisan *wax*, *lignin* dan impuritas pada permukaan serat serta berubahnya topografi permukaan serat yang bisa terlihat melalui pengamatan SEM dan analisis FT-IR. Hal ini berdampak pada distribusi diameter yang berubah secara dramatis setelah serat memperoleh perlakuan baik perebusan media air maupun media NaOH 5%. Distribusi kekuatan tarik serat batang melinjo yang dianalisis menggunakan metode weibull dua parameter, kemudian dijelaskan dalam bentuk modulus Weibull dan karakteristik kekuatan, diperoleh Serat tanpa perlakuan (UT) modulus Weibull 2,84 dan karakteristik kekuatan 906,7 MPa. Serat dengan perlakuan rebus media air 3 jam (REBUS 3H) modulus Weibull 3,34 dan karakteristik kekuatan 843,6 MPa. Serat dengan perlakuan rebus media NaOH 5% 2 jam (NAOH 2H) modulus Weibull 3,31 dan

karakteristik kekuatan 786,0 MPa. Serat dengan perlakuan rebus media NaOH 5% 3 jam (NaOH 3H) modulus Weibull 3,53 dan karakteristik kekuatan 733,9 MPa.

DAFTAR RUJUKAN

Chandrabakty S., 2009, *Pengaruh perlakuan serat batang melinjo (Gnetum Gnetum) terhadap wettability dan kemampuan rekat dengan matrik epoxy-resin*, Thesis, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Derrick M. R., Stulik D., & Landry J. M., 1999, *Infrared Spectroscopy in Conservation Science*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.

Doan T.T.L, Gao SL & Mader E., 2006, *Jute/polypropylene composites. I. Effect of matrix modification*. Composite Science Technology; 66:952–63.

Doan, T.T.L., 2006. *Investigation on jute fibres and their composites based on polypropylene and epoxy matrices*. Fakultät Maschinenwesen Der Technischen Universität Dresden.

- Liu X. Y. dan Dai G. C., 2007, *Surface modification and micromechanical properties of jute fiber mat reinforced polypropylene composites*, eXPRESS Polymer Letters, Vol.1, No.5 299–307 .
- Munawar S. S., Umemura K., Kawai S., 2007, *Effect of alkali, mild steam and chitosan treatment on the properties of pineapple, ramie and sansevieria fiber bundle*, Journal of Wood Science; 54 : 28-35.
- Pickering K. L. dan Murray T. L., 1999. *Weak link scaling analysis of high-strength carbon fibre*. Composites Part A; 30:1017–21.
- Pickering K. L., Beckermann G.W. dan Alam S.N., 2007, *Optimising industrial hemp fibre for composites*. Composites Part A; 38:461–8.
- Xia Z.P., Yu J.Y., Cheng L.D., Liu L.F. dan Wang W.M., 2009, *Study on the breaking strength of jute fibres using modified Weibull distribution*, Composites: Part A; 40: 54-59.
- Zafeiropoulos N. E. dan Baillie C.A., 2007, *A study of the effect of surface treatments on the tensile strength of flax fibres: Part II*. Application of Weibull statistics. Composite Part A; 38:629–38.
- Zhang Y.P., Wang X.G. dan Pan N., 2002, *Weibull analysis of the tensile behavior of fibers with geometrical irregularities*. Journal Material Science; 37:1401–6.