

Sifat Mampu Basah (Wettability) Serat Batang Melinjo (Gnetum Gnemon) Sebagai Penguat Komposit Matriks Epoxy-Resin (Chandrabakty)

SIFAT MAMPU BASAH (WETTABILITY) SERAT BATANG MELINJO (GNETUM GNEMON) SEBAGAI PENGUAT KOMPOSIT MARIKS EPOXY-RESIN

Sri Chandrabakty

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako
Palu, Sulawesi Tengah
Email: chandrabakty@yahoo.com

Abstract

This study aims to knowing the influence of surface treatment of fibers t wettability and adhesion ability melinjo bast fiber with epoxy-resin matrix. Wettability had affected on mechanical properties of fiber reinforced composite.

The research process was begun with providing treatment to the melinjo fiber surface, which is boiled with pure water and NaOH 5% each for 60, 120 and 180 minutes. Contact angle specimen test conducted by dripping droplets of matrix on a single fiber, then the contact angle that occurs is measured using Image Pro Analyzer software (IPWin) through photographs taken by using optical microscope.

The results showed that the largest average of contact angle is untreated fiber (42.37°) and the lowest is media treatment of NaOH 5% (33.14°).

Keyword : *wettability, serat melinjo, sudut kontak.*

A. Pendahuluan

Pemanfaatan serat alam baik dari segi teknis maupun sebagai produk pertanian non-pangan telah dikembangkan sejak lama. Misalnya sebagai serat selulosa dalam industri tekstil dan bubuk kertas tetap menjadi komoditi utama dalam industri produk non-pangan. Pemasaran serat alam seperti *flax*, *hemp*, *jute* dan *sisal* mengalami penurunan yang sangat substansial semenjak dikembangkannya serat sintetis setelah WO II dalam industri tekstil (FAO statistics). Meskipun demikian, pemanfaatan serat alam masih terjaga dan sejumlah pemanfaatan baru dipersiapkan untuk serat alam.

Peningkatan pemilihan dan penggunaan bio-komposit dalam rekayasa material sedikit banyak

disebabkan oleh isu dampak mengenai lingkungan serta keberlanjutan dari sumber serat. Keberadaan serat alam (misalnya *flax*, *hemp*, *sisal*, *abaca*, dll.) sebagai serat alternatif bagi serat sintetis, memberi harapan untuk menurunnya tingkat CO₂ di udara, kemampuan serat untuk dapat terurai oleh bakteri (*biodegradability*) dan sifat mekanis yang dapat disandingkan dengan serat gelas. Dengan berbagai perlakuan terhadap serat alam, menyebabkan serat alam dapat digunakan untuk memperkuat berbagai jenis polimer, menjadi jenis material komposit yang dikenal sebagai *eco-composites* atau *biocomposites*. Meskipun serat alam telah digunakan dalam berbagai aplikasi, penelitian ekstensif harus tetap dilakukan untuk lebih mendalami bentuk perlakuan yang diberikan dan mengoptimalkan

potensi serat alam serta mendapatkan jenis serat-serat yang baru. Berbagai jenis serat alam telah dieksplorasi untuk menghasilkan material komposit yang bernilai jual dan telah diproduksi seperti *flax*, *hemp*, *kenaf*, *sisal*, *abaca*, rami dan lain-lain.

Pada penelitian ini, kami mencoba meneliti serat alam yang berasal dari kulit batang (*bast fiber*) pohon melinjo (*Gnetum gnemon*), mengingat serat pohon ini belum banyak diteliti sebagai bahan penguat untuk komposit. Sebagaimana diketahui pohon melinjo tumbuh menyebar di semenanjung Asia Tenggara, Kepulauan Indonesia, Philipina, hingga ke Melanesia. Dengan ketinggian pohon dapat mencapai 15 m dan diameter batang 40 cm. Pohon ini cukup mudah berkembang biak hingga ketinggian 1700 m d.p.l. Produk utama dari pohon ini adalah buah yang dijadikan sebagai sayuran dan emping, daun yang dijadikan sebagai sayuran serta kayu. Pemanfaatan serat pohon ini justru dimanfaatkan oleh masyarakat tradisional, di Pulau Sumba serat melinjo digunakan sebagai tali busur pada panah tradisional. Di daerah pedalaman Malaysia telah digunakan sebagai tali kekang kuda. Sementara di daerah pantai Papua Nugini masyarakat setempat menggunakan serat batang melinjo sebagai tali pancing dan jaring ikan karena ketahanan terhadap air laut (*durable sea*) yang lebih dibanding serat pohon lainnya.

Terdapat berbagai kekurangan dari komposit yang diperkuat serat dan matrik alami antara lain disebabkan adanya ketidaksesuaian

antara *hydrophobic polymer matrix* dengan *hydrophilic* serat. Hal ini menyebabkan lemahnya formasi antar-muka, yang berakibat terhadap rendahnya sifat mekanis dari komposit. Kekurangan yang lain dari komposit yang diperkuat oleh serat alam karena mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap air dan relatif kurang terhadap stabilitas thermal. Daya serap air (*water absorption*) pada komposit merupakan hal yang penting karena kemampuan serat menyerap air pada komposit dapat menyebabkan mengembang (*swelling*) dan dimensi yang tidak stabil yang dapat menurunkan sifat mekanis terhadap degradasi serat dan kemampuan rekat antara serat dan matrik (Doan, 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh material bio-komposit baru yang berbahan dasar dari alam, dengan mengetahui pengaruh perlakuan awal terhadap sifat mampu-basah (*wettability*) melalui uji sudut kontak.

B. Teori Dasar

Komposit bisa didefinisikan sebagai suatu material yang merupakan campuran atau gabungan dua atau lebih penyusun yang berbeda dalam bentuk dan komposisi, di mana mereka tidak saling melarutkan. Matrik merupakan *body constituent* yang memberi bentuk pada komposit, sedangkan serat, partikel, *lamina*, *flakes* dan *filler* merupakan *structural constituent* yang menentukan internal struktur dari komposit (Schwartz, 1984). Sementara menurut Akovali (2001) komposit secara umum digambarkan sebagai kombinasi dua atau lebih

komponen yang berbeda, bentuk atau komposisi dalam *macroscale*, dengan dua atau lebih fasa terpisah dan mempunyai ikatan *interfaces* diantara mereka.

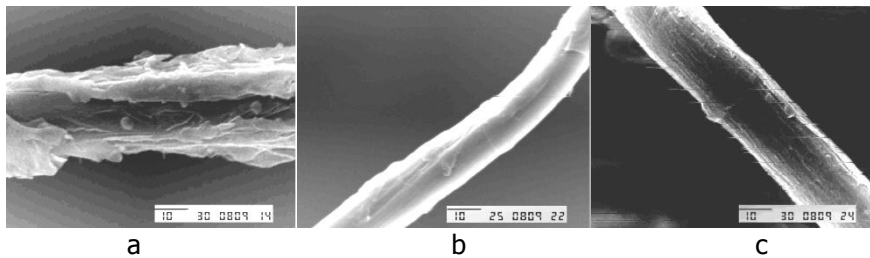
Jähn dkk. (2002) melaporkan bahwa properties serat alam berpengaruh secara langsung terhadap parameter fisik dari sebuah komposit yang diperkuat serat (*fiber-reinforced composites*). Karakteristik kekuatan dari serat alam tergantung dari sifat-sifat individual unsur (*constituents*), yaitu struktur *fibrillar* dan matrik *lamellae* (Joseph dkk.2000). Kualitas dan sifat dari serat tergantung dari beberapa faktor seperti ukuran, kematangan (umur) dan proses/metode yang digunakan untuk mengekstrak serat (Mohanty dkk, 2001). Sifat-sifat seperti densitas, *electrical resistivity*, kekuatan tarik dan initial modulus sangat berkaitan dengan struktur internal dan kandungan kimia dari serat (Mohanty dkk, 2001).

Penampilan dan stabilitas pada material komposit yang diperkuat serat tergantung pada pengembangan ikatan antar-muka *coherent* antara serat dan matrik. Pada komposit yang diperkuat oleh serat alam memiliki kelemahan ikatan antar-muka antara *hydrophilic cellulose* serat dan *hydrophobic resin* yang menyebabkan ketidaksesuaian pada ikatannya (Mwaikambo, 1999). Tingginya daya serap air dan uap air dari *cellulose* serat menyebabkan penggelembungan (*swelling*) dan

pengaruh plastis sehingga menghasilkan ketidakstabilan pada ukuran dan rendahnya sifat mekanis. Tumbuhan penghasil serat juga mudah terserang hama mikro-biologi yang dapat melemahkan serat dan menyebabkan serat tidak mampu memberikan fungsi penguatan (Bisanda dkk., 1992).

Peningkatan sifat mekanis sebagian besar didapatkan dengan membuang bagian sifat mekanis yang rendah seperti *wax*, *pectin*, *hemicelluloses* dan *lignin*. Pemberian perlakuan terhadap serat alam bertujuan menghilangkan kandungan lignin, pectin, lilin, minyak alami yang menutupi permukaan luar dari dinding serat. *Sodium hydroxide* (NaOH) adalah bahan kimia yang paling sering digunakan untuk merendam atau mencuci permukaan serat tumbuhan. Ini juga merubah struktur asli cellulose I menjadi cellulose II dengan proses yang dikenal dengan *mercerization* (Shenouda, 1979).

Chandrabakty (2009) melaporkan, pemberian perlakuan permukaan dengan menggunakan media NaOH 5% pada serat batang melinjo berpengaruh terhadap menurunnya kekuatan tarik serat tunggal batang melinjo. Larutan alkali/NaOH menyebabkan terlepasnya ikatan antar serat dari bentuk *bundle fibers* dan menyebabkan terjadi porositas pada batang serat, hal ini terlihat dari hasil pengamatan SEM.

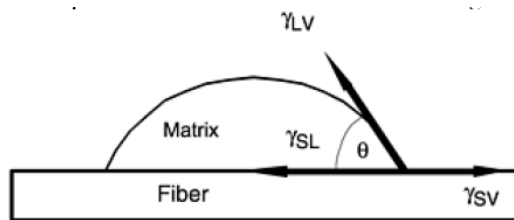


Gambar 1. Hasil pengamatan SEM pada serat tunggal batang melinjo (a) serat untreated; (b) perlakuan media rebus; (c) perlakuan Media NaOH 5% (chandrabakty, 2009)

Dalam material komposit, sifat adhesi antara serat penguat dan matrik sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis material. Pengukuran terhadap energi permukaan memudahkan untuk memprediksi kecocokan dari material. Seringkali *interface* di didapatkan dengan memodifikasi sifat kimiawi permukaan serat untuk mengoptimalkan sifat adhesi antara serat dan matrik. Hal ini juga dapat dikontrol dengan analisis energi permukaan.

Cara pengukuran kuantitatif yang melibatkan sudut kontak (θ)

antara permukaan serat-matrik, yakni memberikan cairan yang ditempatkan di atas permukaan padat. Seperti yang digambarkan pada Gambar.1 didefinisikan bahwa sudut kontak antara permukaan serat-matrik terbentuk oleh gaya normal dari permukaan padat (*solid*) dengan permukaan cairan (*liquid*). Hal ini menghasilkan sudut yang dibentuk oleh permukaan padat (*solid*) dan garis singgung terhadap permukaan cairan-gas (tergambar dalam *liquid*) sudut antara garis *solid-liquid* dan *liquid-vapor*.



Gambar 2. Ilustrasi mengenai sudut kontak dan komponen permukaan energi bebas (*tension*) (ASM, 2001)

Secara matematika, hubungan antara sudut kontak dengan energi permukaan (γ'), dapat dijelaskan dengan persamaan Young.

$$\cos \theta = (\gamma_{sv} - \gamma_{sl}) / \gamma_{lv} \quad (1)$$

Di mana:

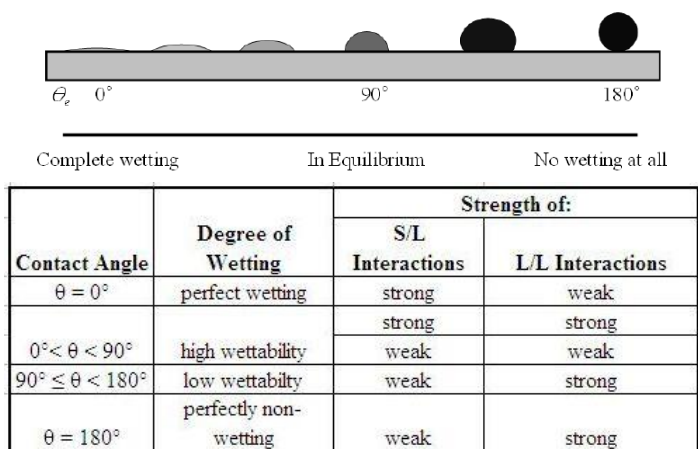
γ_{sv} = tegangan lapisan efektif dari *interface solid-vapour* atau *solid/vapour interfacial energy*, mJ/m^2

γ_{sl} = tegangan lapisan efektif dari interface solid-liquid atau solid/liquid interfacial energy, mJ/m²

γ_{lv} = tegangan permukaan cairan, mJ/m²

Semakin kecil sudut kontak wettability semakin baik, sehingga matrik sebagai media perekat serat

harus memiliki kemampuan melapisi luasan permukaan serat secara optimal. Menurut Dorn (1994), sudut kontak untuk menghasilkan kemampuan basah optimal adalah tidak lebih dari 30°. Secara kuantitatif, wettability ditunjukkan oleh sudut kontak (θ) antara serat padat dan matrik cair dalam bentuk droplet



Gambar 3. Tingkat wettability menurut ukuran sudut kontak (Lee, 2007)

C. Metode Eksperimental

Bahan utama penelitian menggunakan serat kulit batang (*bark fiber*) pohon melinjo (*Gnetum gnemon*). Spesifikasi serat yang diteliti berasal dari pohon melinjo yang berumur ± 10 tahun, dengan mengambil kulit batang pada bagian pangkal pohon sekitar 50 cm dari tanah hingga sepanjang 100 cm. Serat diperoleh dengan merendam kulit dari pohon, selama ± 24 jam kemudian diurai secara manual menjadi serat. Sebagai matriks digunakan polimer termoset epoxy-resin merek "Eposchön" yang

dipasarkan oleh PT JUSTUS KIMIARAYA.

Sebelum mengurai serat, bagian dalam kulit batang (*cortex*) melinjo terlebih dahulu diberikan tiga macam perlakuan yang berbeda yaitu:

- Proses perendaman serat selama 24 jam.
- Proses perebusan dengan air biasa dengan tenggang waktu 60, 120 dan 180 menit.
- Proses perebusan dengan air yang dicampur dengan larutan NaOH 5%, dengan tenggang waktu 60, 120 dan 180 menit.

Setelah proses perebusan dilanjutkan dengan penguraian serat secara manual.

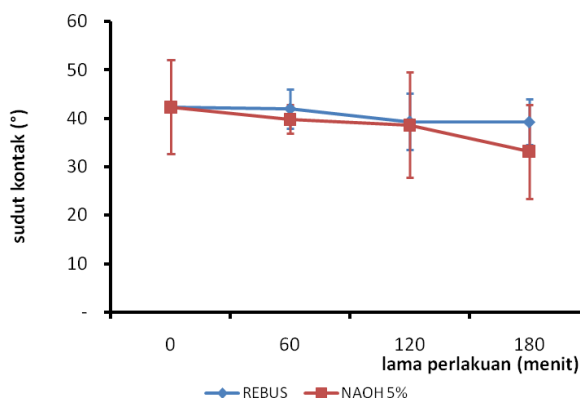
Pembuatan spesimen uji sudut kontak dengan menempelkan serat tunggal yang dibentangkan pada *jig* yang terbuat dari profil aluminium, kemudian meneteskan droplet matrik *epoxy* dengan menggunakan tabung injeksi 2 mg ke atas permukaan serat. Sudut yang terbentuk antara droplet dan permukaan serat yang merupakan sudut kontak diukur setelah *curing* dengan merekam dalam bentuk foto. Pada saat pengambilan foto *droplet*, *jig* dibalik dan diposisikan tegak lurus mikroskop.

D. Hasil dan Diskusi

Dari hasil pengukuran dan pengamatan spesimen droplet dari masing-masing variasi serat masing-masing sebanyak 30 spesimen. Sudut kontak yang diamati dipilih dari bentuk droplet yang simetris antara sisi kiri dan kanan. Dari hasil pengamatan sudut kontak yang didapatkan tidak ditemukan sudut kontak $\theta \approx 0$ dan $\theta \approx 90$.

Rata-rata profil sudut kontak memberikan kriteria sifat mampu basah terhadap permukaan serat dengan harga sudut kontak berkisar antara $18,02^\circ$ hingga $59,93^\circ$.

Perubahan sudut kontak dari variasi jenis perlakuan yakni perebusan media air dan media NaOH 5 % selama 60, 120 dan 180 menit ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh lama waktu perlakuan terhadap ukuran sudut kontak droplet polimer epoxy.

Secara umum, estimasi hasil pengukuran sudut kontak antara serat batang melinjo (*Gnetum gnemon*) dengan perlakuan media NaOH 5% dengan matrik epoxy-resin

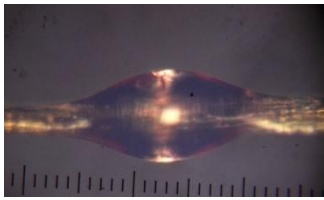
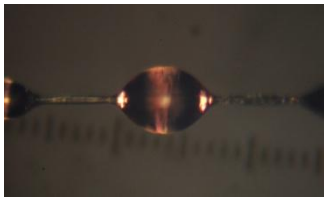
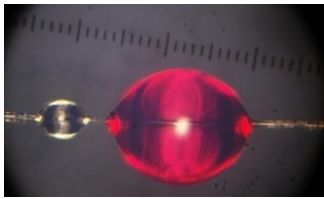
menunjukkan kemampuan basah lebih tinggi dibandingkan variasi perlakuan serat yang lain. Menurut Marsyahyo (2009) perlakuan NaOH ini memberikan dua dampak langsung

yakni perubahan kimia dan fisika permukaan serat. Perubahan kimia yang terjadi berupa pertukaran kimia ion H dari molekul *cellulose* dengan ion Na⁺ sehingga mereduksi gugus hidroksil (OH) yang menghasilkan serat lebih *hydrophobic*. Sedangkan perubahan fisika pada permukaan serat ditandai dengan larutnya impuritas seperti *lignin*, *wax* dan kotoran lainnya, sehingga permukaan

serat lebih halus dan pada skala mikro terjadi proses opening atau pembukaan pori-pori permukaan serat.

Rangkuman profil sudut kontak droplet matrik pada permukaan serat yang digunakan untuk memprediksi wettability matrik ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil foto sudut kontak permukaan serat batang melinjo dengan droplet matriks Epoksi-Resin

Sudut kontak (θ)	Droplet Epoksi-Resin	Keterangan
$0 \leq \theta \leq 10$	n/a	Harga $\text{Cos } \theta = 1$,
$10 < \theta \leq 30$		Matrik spreading
$30 < \theta \leq 45$		$\text{Cos } \theta = 0,707 \div 0,985$,
$45 < \theta \leq 65$		Mampu basah yang optimal
$65 < \theta \leq 90$	n/a	$\text{Cos } \theta = 0,5 \div 0,694$,

Dari persamaan kesetimbangan tegangan permukaan fase padat dan cair, besaran $\text{Cos } \theta$ dapat digunakan untuk memprediksi tegangan permukaan serat dan matrik. Semakin tinggi harga $\text{Cos } \theta$ semakin besar

harga tegangan permukaan serat-vapour sehingga kualitas mampu basah selain dipengaruhi interaksi *intermolecular* dan topografi permukaan serat, juga dapat terjadi secara spontan dengan meningkatnya

tegangan permukaan serat. Nilai sudut kontak rata-rata pada serat tanpa perlakuan yaitu $42,37^\circ$ dan mengalami penurunan pada perlakuan rebus media air selama 180 menit sebesar $39,25^\circ$ dan pada perlakuan rebus media NaOH 5% selama 180 menit sebesar $33,14^\circ$.

E. Kesimpulan.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, sifat mampu-basah (*wettability*) antara serat-matrik paling optimum didapatkan pada serat dengan media perlakuan NaOH 5% yaitu dengan sudut kontak rata-rata $33,80^\circ$ sedangkan yang paling rendah pada serat tanpa perlakuan dengan sudut kontak rata-rata $42,37^\circ$. Secara umum sudut kontak yang terjadi berkisar antara $18,02^\circ$ hingga $59,93^\circ$.

Daftar Pustaka.

Akovali, Güneri, 2001. *Handbook of Composite Fabrication*, RAPRA Technology, Ltd. Ankara.

Chandrabakty S. 2009, "Pengaruh perlakuan permukaan Serat Batang Melinjo (*Gnetum Gnemon*) Terhadap *Wettability* dan Kemampuan Rekat dengan Matrik Epoxy-Resin" Thesis, Universitas Gadjah Mada.

Doan, Thi Thu Loan, 2006. "Investigation on jute fibres and their composites based on polypropylene and epoxy matrices", Dissertation Der Fakultät Maschinenwesen Der Technischen Universität Dresden.

Dorn, L. 1994. *Adhesive Bonding-Terms and Definitions*, TALAT Lecture

4701, European aluminium Association, Berlin.

Jähn, A., M.W. Schröder, M. Fütting, K. Schenzel dan W. Diepenbrock. 2002. "Characterization of alkali treated flax fibers by means of FT Raman spectroscopy and environmental scanning electron microscopy. *Spectrochimica Acta, Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 58(10): pp 2271-2279.

Korte Sandra, 2006. "Processing-Property Relationships of Hemp Fibre", thesis Degree of Master of Engineering, University of Canterbury.

Lee, Hoon Joo , 2007. "Design and Development of Super-hydrophobic Textile Surfaces". Dissertation , Faculty of North Carolina State University.

Mallick, P.K., 2007. *Fiber-reinforced composites : materials, manufacturing, and design 3rd ed.* CRC Press Taylor & Francis Group.

Marsyahyo E. 2009. "Perlakuan Permukaan Serat Rami (*Boehmeria nivea*) dan kompatibilitas serat-matrik pada komposit matrik polimer". Disertasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Mohanty, A.K., Misra M. dan Hinrichsen. G . 2000. "Biofibers, biodegradable polymers and biocomposites: An overview". *Macromolecular Materials and Engineering* 276/277, pp 1-24.

Mohanty, A.K., Misra M. dan Drzal L.T. 2001. "Surface modifications of natural fibers and performance of the

resulting biocomposites: An overview". *Composite Interfaces* 8(5), pp 313-343.

Mohanty, A.K., Misra M., Drzal T., 2005. *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. Taylor & Francis.

Munawar, S. Sofyan, 2007 Umemura Kenji, Tanaka F. , Kawai S., "Effect of alkali, mild steam and chitosan treatments on the properties of pineapple, ramie and sansevieria fiber bundle", *Journal of Wood Science* Vol. 54 2007. pp 28-35.

Mwaikambo, L.Y., Ansell M.P. 1999, "The effect of chemical treatment on the properties of hemp, sisal, jute and kapok fibres for composite reinforcement", *2nd International Wood and Natural Fibre Composites Symposium*, pp 12.1 – 12.16.

Salisbury R.A. 2001., "Agathis loranthifolia", *INFORMASI SINGKAT BENIH* No. 14, Desember.

Van Rijswijk, K. Brouwer, W.D. Beukers, , 2002. "*Application of Natural Fibre Composites in the Development of Rural Societies*", Structures and Materials Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology,

Vasiliev, V.V., Morozov, E. V. 2001. *Mechanic and Analysis of Composite Material*, Elsevier Science. Ltd. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK.

_____, 2001. *ASM Handbook volume 21, , Composite*, ASM International Handbook Committee.