

KAJIAN KOMPREHENSIF PENGARUH PERLAKUAN ALKALI TERHADAP KEKUATAN KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT NANAS-NANASAN (*BROMELIACEAE*)

Sigit Hidayat Nuri¹, Totok Suwanda², & Kuncoro Diharjo³

^{1,2} Teknik Mesin FT Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

³ Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh perlakuan alkali (5% NaOH) terhadap sifat tarik (tegangan, regangan, modulus elastisitas) bahan komposit berpenguat serat nanas-nanasan (*bromeliaceae*) dengan matrik unsaturated polyester. Karakteristik penampang patahan diselidiki dengan pengamatan menggunakan foto makro. Bahan utama penelitian adalah serat nanas-nanasan kontinyu, NaOH, dan resin unsaturated polyester. Serat yang digunakan dikenai perlakuan alkali (5% NaOH) selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam. Pembuatan komposit dengan metode cetak tekan pada kisaran fraksi massa serat 15% - 50. Pembuatan spesimen uji komposit dan prosedur pengujiannya mengacu pada standar ASTM D 638. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan alkali (5% NaOH) mampu menghilangkan lapisan seperti lilin di permukaan serat sehingga serat dan resin memiliki ikatan (*mechanical bonding*) yang kuat. Komposit yang diperkuat serat yang dikenai perlakuan alkali memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan. Semakin tinggi fraksi massa serat (W_f) maka kekuatan tariknya juga semakin besar. Pada di atas 30%, kekuatan tarik paling besar terjadi pada komposit yang diperkuat serat dengan perendaman alkali selama 4 jam, dan selanjutnya disusul oleh komposit yang diperkuat serat dengan perendaman alkali selama 2 jam pada (W_f). Komposit yang diperkuat serat perlakuan alkali selama 4 dan 2 jam juga memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi, yaitu masing-masing 40.71 GPa dan 50.65 GPa pada W_f sekitar 38%. Jenis patahan *splitting in multiple area* terjadi pada komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH selama 4 jam, 2 jam, dan tanpa perlakuan. Namun, komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH selama 8 jam memiliki jenis patahan patah tunggal. Berhubung penampang patahan komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan mempunyai mekanisme kegagalan fiber full out, maka kekuatan komposit ini pun menjadi rendah karena memiliki ikatan antara serat dan matrik yang lemah.

Kata kunci: serat nanas-nanasan, unsaturated polyester, sifat tarik, penampang patahan.

PENDAHULUAN

Pada tahun 1950-an, para ilmuwan memberikan perhatian yang lebih terhadap material komposit. Jenis komposit yang paling banyak dikembangkan adalah komposit berpenguat serat. Keuntungan penggunaan komposit antara lain ringan, tahan korosi, tahan air, *performance*-nya menarik, dan tanpa proses pemesinan. Beban konstruksi pun menjadi lebih ringan. Harga produk komponen yang dibuat dari komposit *glass fibre reinforced polyester* (GFRP) dapat turun hingga 60%, dibanding produk logam (sumber: kunjungan di PT. INKA). Penggunaan komposit mampu mereduksi penggunaan bahan logam import.

Perkembangan plastik meningkat sejak ditemukannya material komposit yang secara harfiah disebut *reinforced plastic*. Komposit cepat diserap dan dipakai di industri pesawat terbang, otomotif, militer, alat olah raga, kedokteran, bahkan sampai peralatan rumah tangga. Boeing 757 menggunakan komposit pada badan dan sirip belakang. Casis mobil Formula-1 dan rangka sepeda balap juga menggunakan komposit sebagai struktur utama (Sumardi, 2003).

Produsen mobil *Daimler-Bens* bekerjasama dengan UNICEF mengembangkan serat alam pada komponen otomotif dan pesawat terbang. PT. INKA juga termasuk perusahaan yang mengembangkan aplikasi komposit pada gerbong kereta api. Abdullah (2000) telah mampu mengaplikasikan komposit *glass fiber reinforced polyester* (GFRP) untuk *front end* KRLI dan *mask* KRL-Nas. Saat ini, penggunaan komposit GFRP ini telah meluas pada berbagai komponen kendaraan. Namun, kerugian dari pemanfaatan serat gelas adalah tidak ramah lingkungan karena limbahnya tidak dapat terurai secara alami.

Solusi mencari serat alam alternatif yang memiliki sifat mekanis tinggi dipandang penting dilakukan. Di daerah Piyungan kabupaten Gunung Kidul Yogyakarta banyak terdapat tanaman sejenis nanas liar (*bromiliaceae*), yang tahan terhadap musim kemarau. Tanaman ini merupakan salah satu jenis tanaman penghasil serat di bagian daunnya yang tebal, seperti pada gambar 1. Dahulu, serat tanaman ini dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan tali. Karena harga tali plastik jauh lebih murah, akibatnya usaha pembuatan tali dari bahan serat nanas-nanasan menjadi punah. Oleh karena itu, pemanfaatan serat nanas-nanasan sebagai penguat bahan komposit di bidang rekayasa merupakan salah satu gagasan kreatif yang patut dikembangkan.



Gambar 1. Tanaman nanas-nanasan.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki potensi pemanfaatan serat nanas-nanasan sebagai penguat bahan komposit. Kajian pendahuluan yang dilakukan adalah studi sifat tarik bahan komposit serat nanas-nanasan bermatrik poliester dan sekaligus mengamati mekanisme patahannya.

Pengujian Kekuatan tarik, bending dan impak terhadap komposit dengan serat glass 3 layer dalam bentuk *chopped strand* dengan berat 300 gram/m² yang dilakukan oleh Yanuar dan Diharjo (2002) diperoleh kekuatan tarik 67,118 MPa, kekuatan bending 175,25 MPa dan Kekuatan impaknya 0,045 J/mm².

Pada komposit GFRP, penggunaan serat *Chopped strand mat* (CSM) diantara layer woven *roving* dapat mengatasi penurunan kekuatan komposit yang disebabkan oleh adanya daerah yang miskin serat. Besarnya peningkatan ketahanan impak tersebut mencapai 187% (Diharjo, 2002-2003).

Peningkatan sifat tarik komposit kenaf – poliester dapat meningkat signifikan dengan mensubstitusi penguat serat kontinu searah. Komposit, yang diperkuat serat kenaf kontinu searah bermatrik poliester pada $V_f = 54.63\%$ atau $W_f = 58.1\%$, memiliki kekuatan tarik 216.8 Mpa dan modulus tarik 26.79 Gpa. Penampang patahan komposit tersebut mengindikasikan patahan tipe *splitting in multiple area* (Diharjo et. al., 2005). Sifat tarik komposit tersebut lebih tinggi dibanding dengan hasil riset yang dilakukan oleh Raharjo et. al. (2005), yaitu kekuatan dan modulus tarik komposit kenaf kontinu searah-poliester pada $V_f = 60\%$ adalah 157 Mpa dan 20 Gpa. Faktor yang menyebabkan perbedaan kedua hasil penelitian tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan tempat tumbuhnya tanaman kenaf.

Sifat Tarik Komposit

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat/serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f) atau fraksi berat serat (W_f). Perhitungan fraksi massa dipandang lebih mudah dibandingkan dengan fraksi volume. Menurut Kaw (1997), fraksi massa serat dapat dihitung secara disederhanakan sebagai berikut:

$$w_f = \frac{W_f}{W_c} \quad (1)$$

Analisis kekuatan komposit biasanya dilakukan dengan mengasumsikan ikatan serat dan matrik sempurna. Pergeseran antara serat dan matriks dianggap tidak ada dan deformasi serat sama dengan deformasi matrik. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Regangan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o} \quad (3)$$

Berdasarkan kurva uji, modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \quad (4)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan utama penelitian adalah serat nanas-nanasan, NaOH, resin unsaturated polyester 157 BQTN, dan hardener MEKPO (*metil etil keton peroksida*). Serat nanas-nanasan yang digunakan adalah jenis serat kontinyu yang diperoleh dari daerah Piyungan, Gunung Kidul Yogyakarta. Serat nanas-nanasan dilakukan perlakuan 5% naOH selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam. Penataan serat agar teratur dapat digunakan sisir. Bahan matrik yang digunakan adalah *unsaturated polyester 157 BQTN*, yang disuplai oleh PT. Justus Kimia Raya Jakarta. Kadar hardener MEKPO yang digunakan adalah 1% dari volume poliester.

Pembuatan komposit dilakukan dengan metoda cetak tekan untuk variasi W_f antara 30 – 60%. Komposit hasil cetakan tersebut dipotong dengan gerinda tangan untuk dijadikan spesimen uji tarik. Spesimen tersebut mengacu pada standar ASTM D-638. Efek pemotongan dieliminasi dengan dihaluskan menggunakan kertas amplas. Bagian *gripping area* diberi *tab* dari kertas amplas. Semua spesimen dilakukan *post cure* pada suhu 50 °C selama 4 jam.

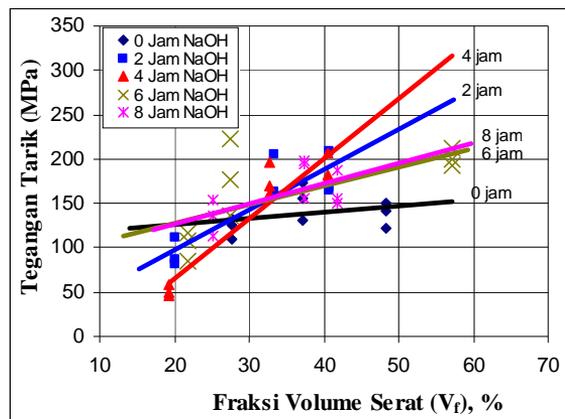
Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik Servopulser, yang dilengkapi dengan instrumen tambahan hasil rekayasa untuk memasang *extensometer*. Hal ini dilakukan agar perpanjangan yang terukur oleh *extensometer* adalah sepanjang *gage length*, yaitu 50 mm. Data hasil uji yang berupa kurva hubungan antara beban versus perpanjangan, diolah menjadi kurva hubungan

antara kekuatan tarik, modulus tarik, dan regangan tarik versus W_f . Penampang patahan dilakukan foto makro untuk menyelidiki mekanisme perpisahannya.

PEMBAHASAN

Sifat Tarik Komposit

Dengan mengasumsikan massa jenis serat nanas-nanasan mendekati massa jenis serat alam lainnya, yaitu sekitar 1.5 gr/cm^3 , maka hasil pengolahan data penelitian yang dipaparkan dalam bentuk kurva tegangan, regangan, dan modulus elastisitas versus fraksi volume serat seperti ditunjukkan pada gambar 2, gambar 3, dan gambar 4. Data hasil pengujian tarik komposit memiliki sebaran data yang cukup lebar. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti orientasi serat yang tidak seragam, adanya serat yang terputus di tengah spesimen, kekuatan yang tidak merata di sepanjang serat, dan distribusi serat yang tidak merata. Namun demikian, hasil tersebut merupakan hal yang wajar karena hasil penelitian komposit serat alam oleh para peneliti yang lain pun memiliki sebaran data yang lebar.

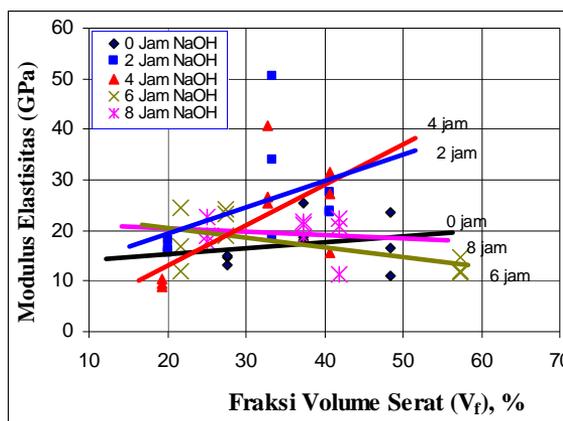


Gambar 2. Kurva hubungan tegangan tarik vs V_f .

Secara teoritis, peningkatan kadar serat (V_f) akan meningkatkan sifat tarik komposit, seperti pada Gambar 2. Pada V_f di atas 30%, komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH selama 4 jam memiliki trend tegangan tarik tertinggi, dan selanjutnya disusul oleh komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH selama 2 jam. Kekuatan komposit terendah adalah komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan. Dengan demikian, perlakuan NaOH serat secara nyata mampu meningkatkan kekuatan komposit yang diperkuat serat nanas-nanasan.

Tingginya kekuatan komposit yang dikenai perlakuan NaOH tersebut disebabkan oleh semakin kuatnya ikatan (*mechanical interlocking*) antara serat dengan poliester. Hal ini disebabkan oleh hilangnya lapisan pelindung yang menyerupai lilin di permukaan serat akibat perlakuan NaOH. Lapisan pelindung tersebut merupakan lapisan mikro yang memisahkan permukaan serat dengan poliester, sehingga tingkat kerekatan antara serat dan poliester rendah.

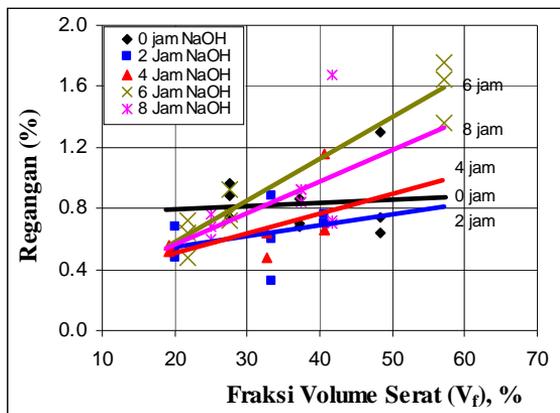
Modulus elastisitas bahan komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH selama 4 dan 2 jam juga memiliki harga yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang lain, seperti pada gambar 3. Hal ini juga menunjukkan bahwa perlakuan NaOH serat mampu meningkatkan modulus elastisitas bahan komposit serat nanas-nanasan – poliester. Di sisi lain, komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH selama 6 jam, 8 jam, dan tanpa perlakuan memiliki harga modulus elastisitas yang lebih rendah. Rendahnya modulus elastisitas ketiga komposit tersebut disebabkan oleh kenaikan kurva tegangan sebagai fungsi V_f yang tidak terlalu tinggi seperti pada Gambar 2, namun memiliki regangan yang lebih besar seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Kurva hubungan Modulus Elastisitas vs V_f .

Pada Gambar 4, regangan tertinggi dimiliki oleh komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH selama 6 jam, dan disusul oleh komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH serat selama 8 jam. Jadi secara umum, semakin lama perlakuan naOH serat, maka regangan komposit akan semakin tinggi. Hal ini sangatlah mungkin terjadi karena ikatan antara serat dan matrik sangat kuat, sehingga serat dapat meregang lebih panjang bersama-sama dengan matrik. Namun serat tersebut menjadi rapuh, sehingga beban yang diterima oleh resin poliester lebih dominan. Akibatnya, regangannya pun lebih didominasi oleh resin poliester.

Sebaliknya, pada komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH selama 4 jam dan 2 jam memiliki ikatan yang kuat dan serat belum mengalami degradasi, sehingga beban yang ditahan oleh serat lebih dominan. Tegangan yang mampu ditahan pun lebih tinggi. Tetapi karena regangan serat lebih pendek, maka regangan patah kompositnya pun lebih rendah.



Gambar 4. Kurva hubungan regangan vs V_f .

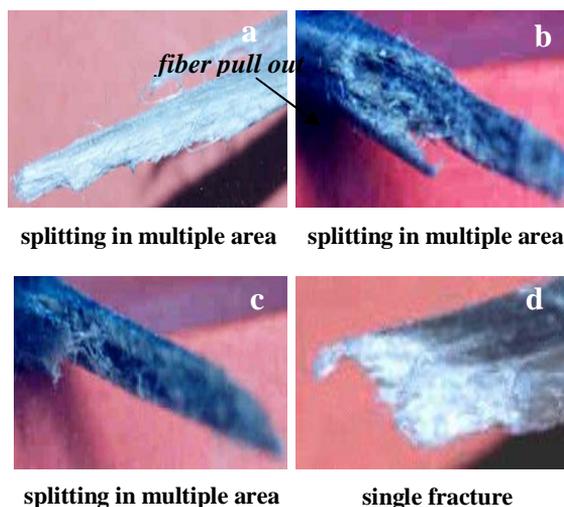
Khusus pada komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan, regangan komposit lebih didominasi oleh matrik karena kekuatan ikatan antara serat dan matrik rendah. Akibatnya, regangan pada berbagai variasi fraksi volume serat relatif konstan.

Mekanisme Patahan

Patahan spesimen uji menunjukkan dengan jelas jenis patahan *splitting in multiple area*, seperti pada gambar 5a, gambar 5b, dan gambar 5c. Sesuai dengan acuan ASTM D-3039, jenis patahan ini menunjukkan bahwa komposit tersebut memiliki sifat mekanis tinggi. Sifat mekanis komposit tersebut mengindikasikan merata di semua bagian, sehingga terjadi pada area yang lebih luas di permukaan spesimen. Namun, patahan komposit yang diperkuat serat nanas-nanas dengan perlakuan 8 jam NaOH menunjukkan jenis patahan patah tunggal (*single fracture*). Jenis patahan ini dikategorikan sebagai patahan komposit yang memiliki sifat mekanis rendah. Hasil analisis ini relevan dengan tegangan tarik komposit, yaitu kekuatan tertinggi adalah komposit yang diperkuat serat perlakuan alkali 4 jam dan disusul oleh komposit yang diperkuat serat perlakuan alkali 2.

Pengamatan pada area patahan komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan menunjukkan adanya *fiber pull out*. Hal ini disebabkan oleh lemahnya mechanical interlocking antara serat dengan matrik yang dihalangi oleh adanya lapisan pelindung permukaan serat yang menyerupai lilin. Kompatibilitas ikatan antara serat dan matrik meningkat dengan memberikan perlakuan alkali (5%

NaOH) selama 2 dan 4 jam. Kompatibilitas ikatan ini ditunjukkan oleh tidak adanya fiber pull out, namun tetap memiliki jenis patahan *splitting in multiple area*.



Gambar 5. Patahan spesimen uji (a) 0 jam NaOH, (b) 2 jam NaOH, (c) 4 jam NaOH, (d) 8 jam NaOH.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Komposit yang memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi adalah komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH selama 4 dan 2 jam.
2. Semakin lama perlakuan NaOH serat, maka regangan kompositnya pun semakin besar.
3. Jenis patahan komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan NaOH selama 4 jam, 2 jam, dan tanpa perlakuan dikategorikan sebagai jenis patahan *splitting in multiple area*.
4. Penampang patahan komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan menunjukkan adanya *fiber pull out*.

NOTASI

- E = modulus elastisitas (GPa)
 σ = kekuatan tarik (MPa)
 ε = regangan

- $\Delta\sigma$ = selisih tegangan tarik di daerah elastis (MPa)
 $\Delta\varepsilon$ = selisih regangan di daerah elastis
P = beban (N)
A = luas penampang (mm²).
li = panjang ukur setelah pengujian (mm)
lo = panjang ukur sebelum pengujian (mm).

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 2003, “*Annual Book of ASTM Standard*”, West Conshohocken.
- Abdullah G & Handoko G.W., 2000. “*Aplikasi Komposit GFRP untuk Komponen Gerbong Kereta Api*”, INKA, Madiun.
- Abdullah G. & Handoko G.W., 2000. “*Rekayasa Manufaktur Front End KRLP*”, Divisi Rekayasa Pengembangan Produk, Dept. Engineering, PT. INKA, Madiun.
- Diharjo, K., Soekrisno, Triyono, dan Abdullah, G., 2002-2003. “*Rancang Bangun Dinding Kereta Api Dengan Komposit Sandwich Serat Gelas*”, Hibah Bersaing X, Dikti, Jakarta.
- Diharjo K., Jamasri, Soekrisno, Rochardjo H. S. B., *Tensile Properties of Unidirectional Continuous Kenaf Fiber Reinforced Polyester Composite*, International Seminar, Kentingan Physics Forum (KPF), Physics Department, Faculty of Natural Science and Mathematics, Sebelas Maret University, Surakarta, Indonesia, September 24, 2005.
- Kaw A.K., 1997. “*Mechanics of Composite materials*”, CRC Press, New York.
- Raharjo W., Ariawan D., dan Henandar W., *The Effect of Fiber Volume Fraction to Tensile Strength and Modulus of Kenaf-UPRs Composite*, Gema Teknik, ISSN 0854-2279, Accredited: 39/DIKTI/Kep/2004, January, 2005.
- Sumardi T.P., Zulfa A., Basukriadi A., Raditya D., dan Rahman F., 2003. “*Rekayasa dan Manufaktur bahan Komposit berpenguat Serat Limbah Pisang Sebagai bahan Interior Otomotif dan pesawat terbang*”, Hibah Bersaing X, DP3M-Dikti, Jakarta.
- Yanuar, Dany., 2002, *Pengaruh Berat Serat Chooped Strand Terhadap Kekuatan Bending, Impak dan Tarik Komposit GFRP*, UNS, Surakarta.