

Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Kekuatan *Bending* Komposit Berpenguat Serat Rami dengan Matrik *Polyester*

(The effect of alcali treatment on the flexural strength of jute fiber/polyester composites)

TOTOK SUWANDA, MUHAMMAD BUDI NUR RAHMAN

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the influence of alkali treatment on the flexural strength and failure mode of jute fiber waste/polyester composite materials. The materials being used in this research were waste of jute fibers, polyester resin, where as NaOH and aquades were utilised for alkali treatment. Prior to being embedded into polyester resin to produce composite boards employing press printing techniques (press mold), the fiber was alkali-treated for 0, 2, 4 and 6 hours by soaking into a 28% volume NaOH content solution. Flexural test was carried out in accordance with the ASTM D790 standard, and macrographs of selected fracture surfaces of the specimens were captured for analysis in order to determine the characteristics of the fracture surfaces. Test results showed that the longer the alkali treatment time in the lower the flexural stress and strain, but the higher the flexural modulus. The composite without alkali treatment related in 70.39 MPa bending stress, 1.85% bending failure strain, and 3.85 GPa bending modulus, whereas the 6 hours of alkali treatment resulted in 51.70 MPa bending stress, 1.27% bending failure strain, and 4.13 GPa bending modulus. Composite with alkali-treated fiber did not exhibit any fiber pull out, and also experienced debonding due to shear forces can't afford retained by the resin.

Keywords: *flax fiber waste, bending, polyester, alkali treatment*

PENDAHULUAN

Pada saat ini bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan, karena kekuatan dan kekakuan spesifiknya lebih tinggi dari bahan teknik konvensional. Sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan (Jones, 1975).

Penguat yang digunakan pada material komposit umumnya berupa serat, baik serat sintetis maupun serat alam. Serat alam adalah serat organik yang langsung didapatkan dari alam, baik dari hewan maupun tumbuhan. Serat alam ini mudah ditemukan di sekitar kita, contohnya rami, kelapa sawit, pandan laut, kenaf (goni) dan sabut kelapa. Bahkan masih banyak lagi serat alam berupa bahan mentah yang sampai saat ini belum dimanfaatkan. Tanaman rami sangat prospektif untuk

dikembangkan secara komersial. Serat dari tanaman rami mempunyai sifat yang hampir sama dengan serat kapas dan dapat digunakan sebagai bahan tekstil. Selain itu, penanaman rami lebih menghemat lahan daripada tanaman kapas. Misalnya untuk menghasilkan 450.000 ton serat alam dari tanaman kapas diperlukan 2.250.000 ha lahan, sementara dengan tanaman rami hanya diperlukan 224.000 ha lahan. Siklus panen kapas hanya sekali/musim, sedangkan rami yang berumur 7 tahun akan terus berproduksi dan panen dapat dilakukan 50-60 hari sekali secara kontinu (Rukmana, 2003).

Reputasi (publisitas) serat rami sebagai bahan baku industri tekstil di luar negeri sangat baik. Tanaman rami lebih tahan terhadap penyakit, gulma dan perubahan iklim. Derajat polimerisasi yang tinggi (3.000) membuat serat rami mempunyai kekuatan tarik yang tinggi,

baik dalam keadaan kering maupun basah. Dewasa ini, benang dari serat rami digunakan sebagai bahan baku industri tekstil. Di Eropa, serat rami juga digunakan sebagai penguat berbagai produk karet, antara lain ban berjalan dan ban mobil (Rukmana, 2003). Hingga saat ini, penggunaan bahan komposit sudah sangat luas. Pemakaian bahan komposit tersebut antara lain sebagai bahan dinding kendaraan-kendaraan darat, laut, udara, alat-alat olahraga dan alat-alat rumah tangga. Di bidang militer, material komposit digunakan sebagai bahan rompi anti peluru.

Peningkatan kekuatan pada komposit dapat dilakukan dengan perlakuan kimia pada serat. Salah satunya adalah dengan bahan kimia alkali (*NaOH*). Bahan kimia ini dipilih karena murah dan mudah didapat. Perlakuan alkali pada serat bertujuan untuk membersihkan permukaan serat dari lignin dan kotoran lainnya, yang dapat diamati melalui *Scanning Electron Microscope (SEM)* (Diharjo et al., 2003).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan alkali (*NaOH*) serat dan pengaruh fraksi volume serat terhadap tegangan *bending*, modulus elastisitas *bending* dan regangan *bending* komposit berpenguat serat rami dengan matrik *polyester*, serta mengetahui karakteristik penampang patahan setelah pengujian *bending* dengan standar ASTM D790.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ray et al. (2001) diperoleh hasil berupa peningkatan modulus elastisitas dalam kristal serat rami sebesar 12%, 68%, dan 79% setelah dikenakan *treatment* alkali (*NaOH*) 5% pada suhu 30° C dengan lama perlakuan 4, 6, 8 jam dan persentase tegangan putus berkurang 23% setelah dikenakan perlakuan alkali 8 jam. Untuk komposit dengan fraksi volume 20% perlakuan alkali 4 jam, kuat lendut meningkat dari 199,1 MPa menjadi 238,9 MPa, dan modulus meningkat dari 11,89 GPa menjadi 14,69 GPa, kekuatan tarik untuk komposit laminar meningkat dari 0,238 MPa menjadi 0,2834 MPa dengan fraksi volume 19%. Pengamatan fotomikro SEM permukaan patahan menunjukkan bahwa untuk perlakuan alkali antara 0 dan 4 jam terjadi pola gagal utama *fiber pull out* (serat tercabut), sedangkan pada daerah 6 dan 8 jam perlakuan alkali, terjadi retakan secara melintang dengan sedikit *fiber pull out*.

George, et al. (1996) melakukan perlakuan serat daun nanas dengan urutan *treatment NaOH* 0,5 % selama 1,5 jam, pencucian dengan air dingin, pencucian dengan HCl 0,1 M, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C selama 24 jam. Selama perlakuan alkali, permukaan serat akan menjadi kasar karena lapisan seperti lilin pada permukaan serat hilang. Topografi permukaan serat yang kasar akan menghasilkan *mechanical interlocking* (ikatan mekanis) yang lebih baik dengan matrik. Adanya *mechanical interlocking* ini juga akan meningkatkan viskositas campuran serat-matrik *polyethylene*.

Menurut Rahman, et al. (2008), peningkatan fraksi volume komposit serat nanas-nanas akan meningkatkan tegangan dan regangan *bending*. Tegangan terendah pada fraksi volume 22,69% sebesar 144,38 MPa dengan regangan 3,85%, sedangkan tegangan tertinggi pada fraksi volume 34,96% sebesar 172,35 MPa dengan regangan 4,08% serta modulus *bending* 4,06 GPa. Perendaman serat dalam larutan alkali 5% NaOH dapat meningkatkan kekuatan *bending* komposit, namun jika terlalu lama kekuatan *bending* akan kembali turun. Perendaman optimal dilakukan selama 6 jam menghasilkan tegangan *bending* 218,06 MPa, regangan *bending* 4,39% dan modulus *bending* 5,92 GPa.

Sifat Geometri Komposit

Berthelot (1997) menjelaskan bahwa volume komposit adalah perpaduan antara volume serat dan volume matrik yang dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$v_c = v_f + v_m = \frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m} \quad (1)$$

Fraksi volume serat sebagai bahan kontrol dalam penelitian dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} \times 100\% \quad (2)$$

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \quad (3)$$

dengan: v_c = volume komposit (cm³), v_f = volume serat (cm³), v_m = volume matrik (cm³), m_f = massa serat kenaf acak (g), ρ_f = berat jenis serat kenaf (g/cm³), m_m = massa

matrik (g), ρ_m = berat jenis matrik (g/cm^3), V_f = fraksi volume serat (%), W_f = fraksi berat serat (%).

Kekuatan Bending

Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan.

Pengujian *bending* menggunakan mesin uji *bending* Torsee. Pengujian dilakukan dengan metode *three-point bending*. Spesimen diletakkan di atas dua penumpu dengan pembebanan di tengah spesimen. Kekuatan *bending* dapat dirumuskan dalam Persamaan 4.

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

dengan: σ_b = tegangan *bending* (MPa), P = beban (N), L = panjang batang (mm), b = lebar batang (mm), d = tebal batang (mm).

Elastisitas adalah sifat material yang memungkinkan untuk kembali ke bentuk semula, panjangnya tidak terdeteksi setelah beban dihilangkan. Modulus elastisitas *bending* dihitung dengan Persamaan 5.

$$E_H = \frac{L^3 m}{4bd^3} \quad (5)$$

dengan: E_H = modulus elastisitas *bending* (GPa), m = *slope tangent* pada kurva beban defleksi (N/mm).

Regangan *bending* adalah perubahan panjang spesifik sebuah elemen pada permukaan terluar dari spesimen di tengah-tengah *span* tempat tegangan maksimum terjadi. Regangan *bending* dihitung dengan Persamaan 6.

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \quad (6)$$

dengan: ε_f = regangan pada permukaan terluar (%), D = defleksi maksimum pada tengah-tengah bentang spesimen (mm).

METODE PENELITIAN

Bahan utama penelitian adalah limbah serat rami, larutan NaOH, resin *unsaturated polyester* 157 BQTN, dan *hardener* MEKPO (*metil etil keton peroksida*). Serat rami yang digunakan adalah jenis serat kontinyu yang diperoleh dari daerah Delanggu, Klaten, Jawa Tengah. Serat rami 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 metode cetak tekan (*press mould*) dengan variasi W_f antara 20%, 30%, 40% dan 50%. Komposit hasil cetakan tersebut untuk dijadikan spesimen uji bending. Pengujian bending dengan metode *Three Point Bending* mengacu standar ASTM D-790 dengan alat uji Torsee's Universal Testing Machine. Efek pemotongan dieliminasi dengan dihaluskan menggunakan kertas amplas. Semua spesimen dilakukan *post cure* pada suhu 60°C selama 1 jam.

Data hasil uji yang berupa kurva hubungan antara beban versus perpanjangan, diolah menjadi kurva hubungan antara tegangan bending, modulus bending, dan regangan bending terhadap lama perlakuan alkali. Penampang patahan dilakukan foto makro untuk menyelidiki mekanisme patahannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Bending Komposit

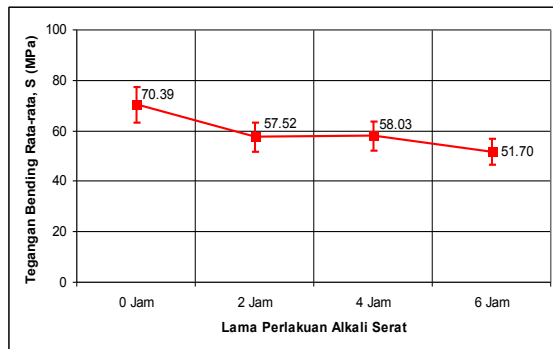
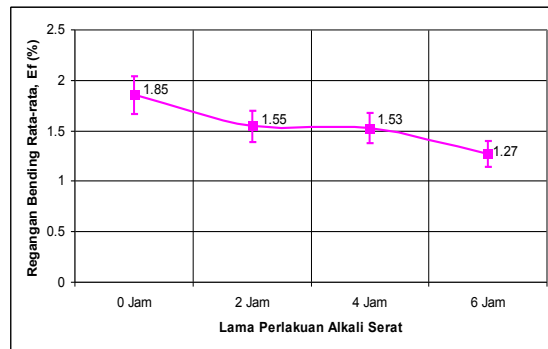
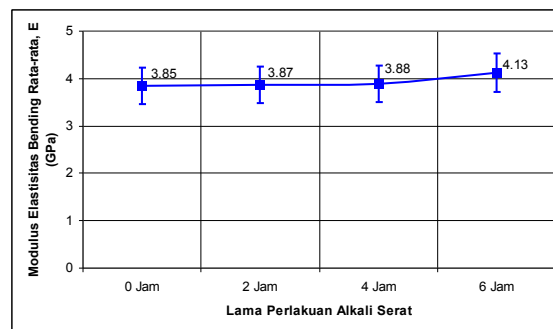
Hasil pengujian bending pada komposit serat rami disajikan dalam Tabel 1 dan Gambar 1.

Analisis pengaruh perlakuan alkali serat terhadap kekuatan *bending* komposit berpenguat serat limbah rami acak dengan matrik *polyester* dilakukan pada komposit dengan fraksi volume yang hampir sama, yaitu pada kisaran fraksi volume 28%.

Tegangan bending komposit berpenguat limbah serat rami mengalami penurunan seiring dengan lamanya perendaman serat pada larutan alkali NaOH 5%.

Tabel 1. Hasil pengujian bending

| Lama perendaman | Vf rata-rata (%) | Tegangan <i>bending</i> rata-rata (MPa) | Regangan <i>bending</i> rata-rata (%) | modulus elastisitas <i>bending</i> rata-rata (GPa) |
|-----------------|------------------|---|---------------------------------------|--|
| 0 Jam | 28,42 | 70,39 | 1,85 | 3,85 |
| 2 Jam | 28,96 | 57,52 | 1,55 | 3,87 |
| 4 Jam | 28,27 | 58,03 | 1,53 | 3,88 |
| 6 Jam | 28,42 | 51,70 | 1,27 | 4,13 |

(a) Hubungan lama perlakuan alkali dengan tegangan *bending*(b) Hubungan lama perlakuan alkali dengan regangan *bending*

(c) Hubungan lama perlakuan alkali dengan modulus elastisitas

GAMBAR 1. Hubungan lama perlakuan alkali dengan kekuatan bending pada komposit serat rami

Tegangan *bending* tertinggi terjadi pada komposit tanpa perlakuan alkali, sedangkan tegangan *bending* terendah terjadi pada komposit dengan perlakuan alkali 6 jam. Pada komposit serat tanpa perlakuan alkali tegangan bendingnya sebesar 70,39 MPa, sedangkan pada perlakuan alkali 2 jam, 4 jam, dan 6 jam tegangan bendingnya berturut-turut sebesar 57,52 MPa; 58,03 MPa dan 51,7 MPa. Gaya yang diterima oleh komposit akan ditahan oleh matrik kemudian didistribusikan ke serat penguat. Semakin lama perlakuan alkali terhadap serat, menyebabkan serat semakin terkikis oleh larutan alkali. Terkikisnya serat oleh larutan alkali akan menyebabkan degradasi kekuatan serat untuk menahan gaya yang diterima.

Regangan *bending* komposit berpenguat limbah serat rami mengalami penurunan dengan lamanya perendaman serat pada larutan alkali NaOH 5%. Regangan bending tertinggi terjadi pada komposit tanpa perlakuan alkali, sedangkan regangan *bending* terendah terjadi pada komposit dengan perlakuan alkali 6 jam. Pada komposit serat tanpa perlakuan alkali regangan bendingnya sebesar 1,85%, sedangkan pada perlakuan alkali 2 jam, 4 jam, dan 6 jam regangan bendingnya berturut-turut sebesar 1,55%; 1,53% dan 1,27%. Degradasi serat akibat perlakuan alkali menyebabkan berkurangnya kemampuan regangan serat, sehingga regangan bendingnya menjadi menurun.

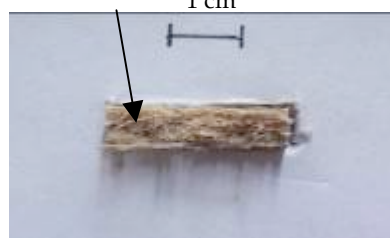
Komposit dengan penguat serat limbah rami mengalami peningkatan modulus elastisitas yang sangat kecil setelah dikenai perlakuan alkali. Hal ini dapat terjadi karena susunan serat komposit dengan perlakuan yang lebih lama akan lebih rapat dengan ukuran (diameter) serat yang lebih kecil. Modulus elastisitas *bending* tertinggi terjadi pada komposit dengan perlakuan alkali 6 jam, sedangkan modulus elastisitas *bending* terendah terjadi pada komposit tanpa perlakuan alkali. Modulus *bending* pada serat tanpa perlakuan alkali sebesar 3,85 GPa sedangkan pada perlakuan alkali 2 jam, 4 jam, dan 6 jam tegangan *bending*-nya berturut-turut sebesar 3,87 GPa, 3,88 GPa dan 4,13 GPa. Modulus *bending* berhubungan dengan tegangan dan regangan *bending*. Semakin lama perlakuan alkali, serat yang terkikis akan semakin besar sehingga regangannya turun maka modulus *bending*-nya naik.

Hal ini tidak sesuai dengan efek perlakuan alkali pada umumnya. Pada penelitian ini, serat yang digunakan adalah limbah serat yang sebelumnya telah mendapatkan perlakuan secara mekanis maupun kimia. Perlakuan tersebut telah menghilangkan lapisan lignin serat yang membungkus serat. Dengan perlakuan alkali menyebabkan tidak hanya lapisan lignin yang hilang, namun sel-sel selulosa dari serat juga akan terkikis.

Pengamatan Foto Makro

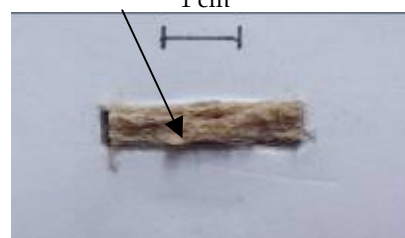
Untuk mengetahui karakteristik penampang patahan dari spesimen yang diuji *bending*, maka dilakukan pengamatan dengan menggunakan foto makro. Penampang patahan yang terbentuk ditunjukkan dalam Gambar 2.

Serat yang tercerabut



(a) Tanpa perlakuan alkali

Resin



(b) Perlakuan alkali 6 jam

Komposit tanpa perlakuan alkali mengalami *fiber pull out* atau tercabutnya serat dari matrik yang terjadi ketika matrik retak akibat beban tarik. Penyebab terjadinya *fiber pull out* adalah kurang kuatnya ikatan *interface* antara serat dan matrik dan pengaruh dari perlakuan alkali (NaOH) 5%.

Penampang patahan komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan alkali selain mengalami kegagalan *fiber pull out*, komposit juga mengalami *debonding*. Kuatnya ikatan *interface* antara serat dengan resin mengakibatkan adanya *debonding*. *Debonding* adalah lepasnya ikatan pada bidang kontak resin dengan serat. Serat yang terlepas dari ikatan masih terbungkus oleh resin. Hal ini disebabkan oleh gaya geser yang tidak mampu ditahan oleh resin, namun tidak terjadi deformasi resin secara luas (Chawla, 1998)

KESIMPULAN

1. Peningkatan lama perlakuan alkali akan menurunkan tegangan *bending*. Tegangan *bending* tertinggi terjadi pada komposit tanpa perlakuan alkali yaitu sebesar 70,39 MPa, sedangkan tegangan *bending* terendah terjadi pada komposit dengan perlakuan alkali 6 jam yaitu 51,70 MPa.
2. Perlakuan larutan alkali terhadap serat limbah rami mengakibatkan penurunan regangan *bending* komposit berpenguat serat limbah rami. Regangan *bending* tertinggi terjadi pada komposit tanpa perlakuan alkali yaitu sebesar 1,85%, sedangkan regangan *bending* terendah terjadi pada komposit dengan perlakuan alkali 6 jam yaitu 1,27%.

GAMBAR 2. Foto makro penampang patah uji *bending* komposit berpenguat limbah serat rami acak dengan matrik polyester.

3. Peningkatan lama perlakuan alkali akan menaikkan sedikit modulus bending. Modulus elastisitas *bending* tertinggi terjadi pada komposit dengan perlakuan alkali 6 jam, yaitu sebesar 4,13 GPa sedangkan modulus elastisitas *bending* terendah terjadi pada komposit tanpa perlakuan alkali yaitu sebesar 3,85 GPa.
4. Komposit berpenguat serat limbah rami tanpa perlakuan alkali memiliki karakter *fiber pull out*, sedangkan yang mengalami perlakuan alkali selain mengalami *fiber pull out* juga mengalami debonding.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapkan terima kasih disampaikan kepada TPSDP DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Program *Student Grant*. Selain itu, terima kasih yang tulus juga disampaikan kepada Laksmono Retno Rahayu, ST yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Berthelot, M.J. (1997). *Composite material, mechanical behavior and structur analysis*, New York: Springer, Verlag.
- Chawla (1998). *Composite materials science and engineering*, New York: Springer Verlag.
- Diharjo K., Soekrisno, Triyono & Abdullah G. (2003). *Rancang bangun dinding kereta api dengan komposit sandwich serat gelas*, Penelitian Hibah Bersaing X, Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia.
- George J., Janardhan R., Anand J.S., Bhagawan S.S. & Thomas S. (1996). Melt rheological behavior of short pineapple fibre reinforced low density polyethylene composites, *Journal of Polymer*, Volume 37, No. 24, Great Britain.
- Jones R.M. (1975). *Mechanics of composite materials*, Wasingthon D.C: Mc Graw-Hill.
- Rahman, M.B.N, Suwanda, T., Diharja, K. (2008). Studi optimalisasi peningkatan

kekuatan bending komposit berpenguat serat nanas-nanas (bromeliaceae) kontinu searah, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 11/No.2, 207-217.

Ray D., Sarkar B.K., Rana A.K., & Bose N.R. (2001). Effect of alkali treated jute fibres on composites properties, *Bulletin of Materials Science*, Vol. 24, No. 2, pp. 129-135, Indian Academy of science.

Rukmana (2003). *Rami budi daya dan penanganan pascapanen*, Yogyakarta: Kanisius.

PENULIS:

Totok Suwanda✉, Muh. Budi Nur Rahman

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Bantul 55183, Yogyakarta.

✉Email: t_suwanda@yahoo.com