

Studi Optimasi Peningkatan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Nanas-Nanasan (Bromeliaceae) Kontinu Searah

(Studies of Optimization Improvement Bending Strength Composite with Bromeliaceae Fiber Continuous Direction)

MUH. BUDI NUR RAHMAN, TOTOK SUWANDA, KUNCORO DIHARJO

ABSTRACT

The objectives of this research are to observe the bending strength composite with bromeliaceae fiber with variations of alkali treatment duration, variations of fiber fraction volume and to observe the broken section characteristics. Materials used are bromilicea fiber, resin polyester, NaOH alkali and distilled water. The composite made with printing press methods. Dimensions of specimens and bending testing methods is done by to the standard ASTM D790 (bending test). Variables in this research are fiber fraction volume in the amount of 20-50% and the soaking times in alkali treatment are 0, 2, 4, 6 and 8 hours. Visualization of the broken section is shown in the macro picture. Highest bending strength and bending tensile occur in the composite with bromeliaceae fiber for 6-hour alkali treatment of 218.06 MPa and at the amount of 4.39% in fraction volume of 34.96%. Highest bending modulus occurs with 4 hours alkali treatment of 5.92% GPa. Composite with bromeliaceae fiber without alkali treatment has broken section characteristics fiber pull out, but the composite with alkali treatment has less fiber pull out characteristics.

Keywords: Bromeliaceae Fiber, Unsaturated Polyester, Bending Strength, Bending Modulus, Broken Section Characteristics

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. 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.

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 et al., 2003) 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 (bromeliaceae), yang tahan terhadap musim kemarau. Tanaman ini merupakan salah satu jenis tanaman penghasil serat di bagian daunnya yang tebal. 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.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh optimasi penambahan fraksi volume serat (V_f) terhadap peningkatan kekuatan bending dan dampak komposit serat nanas-nanasan-UPRs dan menyelidiki pengaruh perlakuan alkali serat (5% NaOH) selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam terhadap peningkatan kekuatan bending dan dampak komposit nanas-nanasan-UPRs serta menyelidiki pengaruh karakteristik penampang patahan komposit.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengujian Kekuatan tarik, bending dan dampak terhadap komposit dengan serat glass 3 layer dalam bentuk *chopped strand mat* dengan berat 300 gram/m² yang dilakukan oleh Yanuar dan Diharjo et al. (2003) 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 dampak tersebut mencapai 187% (Diharjo et al., 2003).

Menurut Nuri et al. (2006), kekuatan dan modulus tarik tertinggi komposit serat nanas-nanasan-unsaturated polyester (UPRs) terjadi pada $V_f = 42,26\%$, yaitu 153,39 MPa dan 20,77 GPa, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Secara teoritis pada $V_f = 53,65\%$, kekuatan dan modulus tarik komposit lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh cacat spesimen atau efek *gripping area*. Penampang patahan menunjukkan jenis *splitting in multiple area*, dengan disertai oleh adanya *fiber pull out*. Kekuatan komposit ini dapat ditingkatkan dengan meningkatkan kompatibilitas ikatan antara serat dan matrik.

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 Topografi permukaan serat yang kasar menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih kuat dengan matrik. Adanya *mechanical interlocking* ini juga akan meningkatkan viskositas campuran serat-matrik polyethylene.

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., 2003).

Ray et al. (2001) melakukan perlakuan serat jute dengan larutan alkali 5% selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam, yang dilanjutkan dengan pencucian dan penetralan alkali dengan asam asetat, serta pengeringan pada temperatur kamar selama 48 jam dan dioven pada 100 °C selama 6 jam. Perkembangan kristanilitas serat jute meningkatkan modulus elastisitasnya sebesar 12%, 68%, dan 79% setelah perlakuan 4, 6, dan 8 jam. *Tenacity* serat juga meningkat 46% setelah 6 dan 8 jam perlakuan. Namun, regangan patah serat menurun 23% setelah perlakuan 8 jam. Hasil pengujian kekuatan lentur komposit menunjukkan bahwa kekuatan tertinggi terjadi pada perlakuan 4 jam, dimana kurva *tenacity* dan % regangan patah bertemu pada satu titik.

Kajian Teori Komposit

Gibson (1994), penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi volume, agar dihasilkan komposit berkekuatan tinggi. 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 massa serat (m_f). Fraksi volume dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Shackelford, 1992)

$$v_1 = \frac{M_1 / \rho_1}{M_1 / \rho_1 + M_2 / \rho_2 + \dots} \quad (1)$$

$$m_1 = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \dots} \quad (2)$$

dengan :

v_1 = fraksi volume material pertama (%)

m_1 = fraksi massa material pertama (%)

M_1 = massa material pertama (kg)

M_2 = massa material kedua (kg)

V_1 = volume material pertama (mm³)

V_2 = volume material kedua (mm³)

ρ_1 = massa jenis material pertama (kg/mm³)

ρ_2 = massa jenis material kedua (kg/mm³)

Perhitungan fraksi massa dipandang lebih mudah dibandingkan dengan fraksi volume. Menurut Kaw (1997), fraksi massa serat dapat dihitung secara disederhanakan sebagai berikut:

$$m_f = \frac{M_f}{M_c} \quad (3)$$

dengan :

m_f = fraksi massa *fiber* (%)

M_f = massa *fiber* (kg)

M_c = massa komposit (kg)

Kekuatan komposit dapat ditentukan dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m \quad (4)$$

dengan :

σ_c = kekuatan komposit (N/mm²)

σ_f = kekuatan *fiber* (N/mm²)

σ_m = kekuatan matrik (N/mm²)

V_f = volume *fiber* (mm³)

V_m = volume matrik (mm³)

Sifat Bending Komposit

Akibat pengujian bending, bagian atas spesimen mengalami tekanan dan bagian bawah mengalami tarikan. Kekuatan tekan komposit lebih tinggi dibanding kekuatan tariknya. Kegagalan yang terjadi akibat uji bending komposit yaitu mengalami patah pada bagian

bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Kekuatan bending komposit dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (5)$$

dengan :

σ_b = kekuatan bending (N/mm²)

P = gaya yang diterima benda (N)

L = panjang spesimen (mm)

b = lebar spesimen (mm)

h = tebal spesimen (mm)

Modulus elastisitas bendingnya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_b = \frac{1}{4} \times \frac{L^3}{bh^3} \times \frac{P}{\delta} \quad (6)$$

dengan :

E_b = Modulus Elastisitas Bending (N/mm²)

δ = defleksi setelah dikenai gaya (mm)

Penghitungan kekakuan bending (D) pada material homogen dapat dilakukan secara langsung dengan mengalikan antara elastisitas bending (E_b) dan momen inersia (I) sebagai berikut:

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (7)$$

$$D = E_b \times I \quad (8)$$

dengan :

D = Kekakuan Bending (Nmm²)

I = Momen Inersia (mm⁴)

METODE 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 kontinu 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 20 – 50%. Komposit hasil cetakan tersebut dipotong dengan gerinda tangan untuk dijadikan spesimen uji bending. Spesimen tersebut mengacu pada standar *ASTM D790*. 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 bending 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 bending, modulus bending, dan regangan bending versus W_f . Penampang patahan dilakukan foto makro untuk menyelidiki mekanisme perpatahannya.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending Komposit

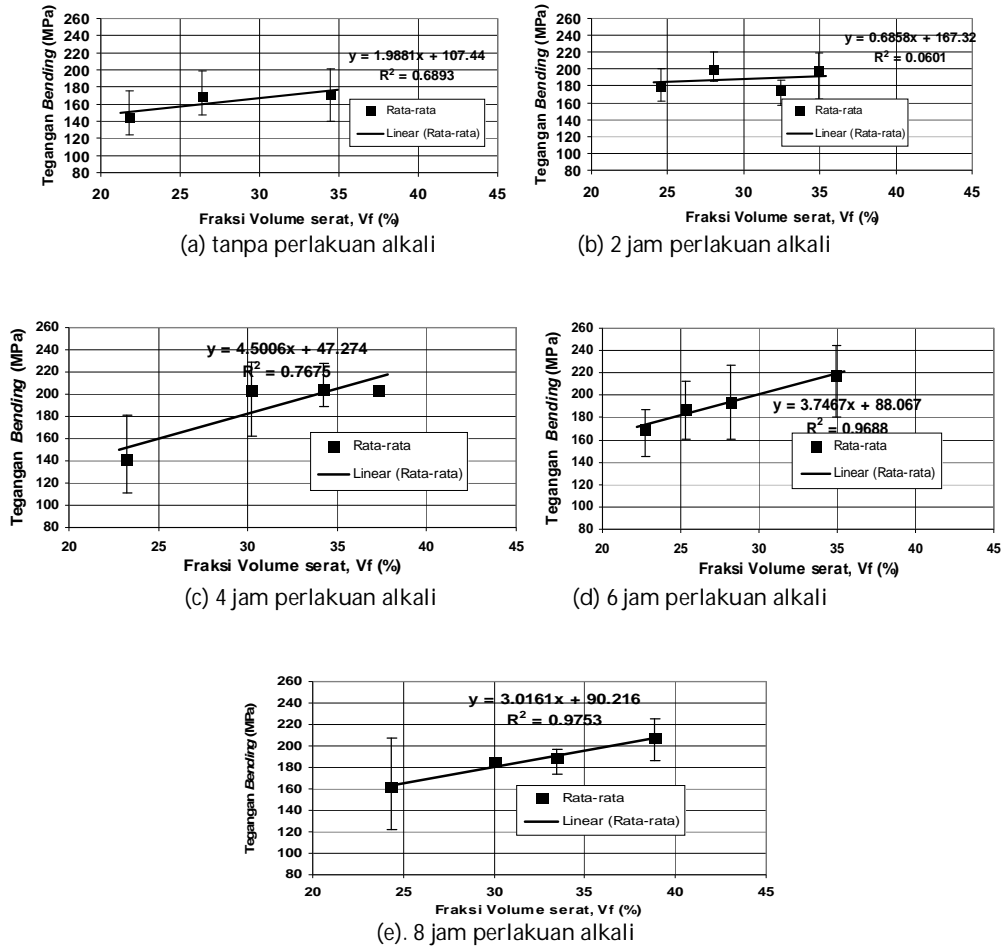
Komposit serat nanas-nanas cenderung mengalami kenaikan tegangan *bending* seiring dengan bertambahnya fraksi volume, disebabkan kekuatan serat yang mendominasi pada kekuatan komposit. Hasil pengujian kekuatan bending komposit berpenguat serat nanas-nanas (*bromeliacea*) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

TABEL 1. Pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan bending komposit

Perlakuan NaOH	Vf (%)	Tebal (mm)	Tegangan <i>bending</i> , σ (MPa)			Modulus <i>bending</i> , (GPa)			Regangan <i>bending</i> ϵ (%)		
			Max	Rata-rata	Min	Max	Rata-rata	Min	Max	Rata-rata	Min
Tanpa Perlakuan	21,76	3,60	175,59	144,48	124,08	3,88	3,47	3,15	4,34	4,07	3,65
	26,38	4,00	198,57	169,67	147,00	4,91	3,96	3,12	4,54	4,17	3,91
	34,44	4,00	201,30	172,35	140,52	5,00	4,06	3,35	4,22	4,08	3,96
2 jam NaOH	39,85	4,03	206,00	152,15	85,33	4,60	4,04	3,70	4,54	3,75	2,40
	24,57	2,37	200,60	179,28	162,24	5,18	4,69	4,23	4,06	3,75	3,44
	28,03	2,57	220,57	199,34	185,83	5,42	5,16	4,95	3,89	3,65	3,46
4 jam NaOH	32,41	4,03	187,37	174,52	157,04	4,86	4,60	4,44	4,00	3,77	3,46
	34,90	4,17	219,63	198,39	164,92	5,16	4,72	3,94	4,10	4,07	4,00
	23,27	2,73	181,20	141,12	110,70	4,97	3,80	2,77	3,72	3,61	3,52
6 jam NaOH	30,17	2,40	228,57	202,84	162,40	6,28	5,57	4,40	3,58	3,44	3,29
	34,22	3,73	228,05	204,95	189,35	6,21	5,92	5,77	3,87	3,46	3,22
	37,34	3,90	204,90	202,78	199,66	5,75	5,32	4,98	3,96	3,71	3,47
8 jam NaOH	22,69	2,50	187,50	169,34	144,67	4,75	4,21	3,69	4,06	3,85	3,74
	25,30	2,60	212,54	187,66	160,62	5,09	4,90	4,70	4,07	3,69	3,13
	28,20	3,50	227,24	193,67	160,37	5,09	4,51	3,66	4,21	4,09	3,85
8 jam NaOH	34,96	4,40	244,17	218,06	180,30	5,07	4,77	4,28	4,69	4,39	4,10
	24,36	2,27	207,07	162,38	122,09	5,05	4,49	4,17	4,01	3,47	2,81
	30,05	2,47	187,98	184,74	182,96	5,31	4,47	3,83	4,57	4,01	3,28
8 jam NaOH	33,45	3,57	197,20	188,20	173,74	4,63	4,41	4,26	4,38	4,14	3,96
	38,82	4,00	225,31	207,59	186,63	5,70	5,17	4,66	4,32	3,99	3,74

Peningkatan fraksi volume serat komposit akan meningkatkan tegangan bending. Pada perendaman alkali 6 jam, tegangan bending terendah pada fraksi volume serat 22,69% sebesar 169,34 Mpa, sedangkan tertinggi pada fraksi volume 34,96% sebesar 218,06 MPa. Hal ini terjadi karena beban bending yang diterima benda akan ditahan oleh matrik yang

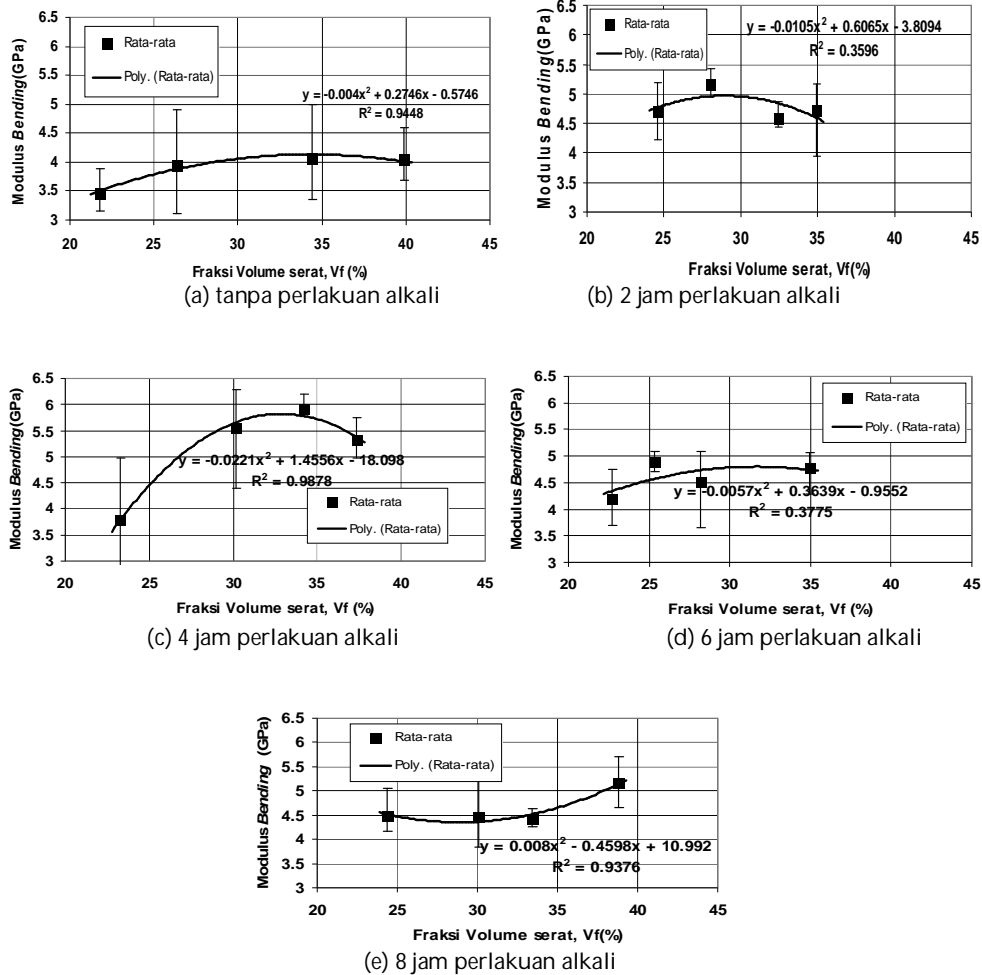
kemudian diteruskan merata pada serat. Semakin banyak kandungan seratnya maka beban yang diterima setiap serat akan semakin kecil, sehingga beban yang dapat ditahan akan semakin besar. Hubungan kenaikan fraksi volume serat dengan tegangan bending dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



GAMBAR 1. Hubungan tegangan bending dengan fraksi volume

Kenaikan modulus *bending* rata-rata pada semua perlakuan alkali secara teknis dan teoritis terjadi pada 4 jam perlakuan alkali sebesar 5,92 GPa pada fraksi volume 34,22% dan 5,87 GPa pada fraksi volume 32,93%, presentase kenaikannya 0,84%. Penurunan modulus *bending* rata-rata terendah pada semua perlakuan secara teknis dan teoritis terjadi pada tanpa perlakuan alkali sebesar 4,06

GPa pada fraksi volume 34,44% dan 4.14 GPa pada fraksi volume 32,93% presentase penurunan sebesar 1,93%. Ini disebabkan lapisan lignin pada serat masih belum terlepas, sehingga ikatan resin dengan serat belum optimal. Hubungan kenaikan fraksi volume serat dengan modulus bending dapat dilihat pada Gambar 2.

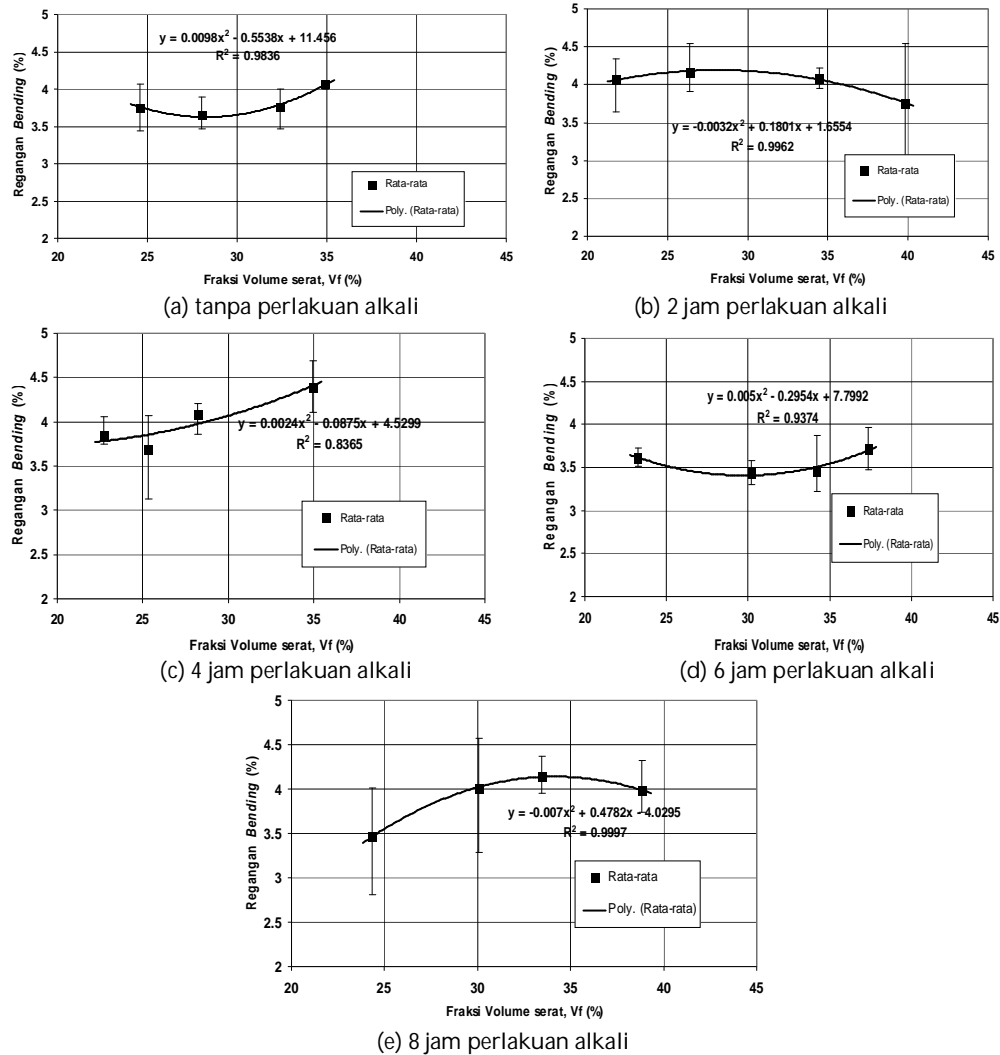


GAMBAR 2. Hubungan antara modulus elastisitas *bending* dengan fraksi volume

Kenaikan regangan *bending* rata-rata optimum dari semua perlakuan secara teknis terjadi pada 6 jam perendaman sebesar 4,39% dengan fraksi volume 34,96%, namun secara teoritis terjadi kenaikan sebesar 4,14 pada perendaman 0 jam pada fraksi volume 28,14%. Penurunan regangan *bending* rata-rata pada semua perlakuan alkali secara teknis dan teoritis terjadi pada perendaman 4 jam perlakuan alkali sebesar 3,46% pada fraksi volume 34,22% dan 3,44% pada fraksi volume 28,14%. Hubungan kenaikan fraksi volume serat dengan regangan *bending* dapat dilihat pada Gambar 3.

Ada beberapa faktor yang berpengaruh pada karakteristik kekuatan dari komposit serat nanas-nanasan, yaitu:

- Perbedaan diameter, semakin kecil diameter serat maka resin sebagai pengisi volume berfungsi dengan baik, sehingga serat akan semakin kuat terikat.
- Terjadinya porositas, adanya porositas menyebabkan kekuatan komposit menurun.
- Distribusi serat, terjadinya distribusi serat yang tidak merata dalam komposit pada percetakan serat ikut tergeser dari posisinya semula yang terbawa oleh aliran resin yang mengalir pada saat penekanan.
- Ketebalan komposit, ketebalan yang tidak sesuai dengan ketebalan rencana karena jumlah komposisi serat yang terlalu banyak.

GAMBAR 3. Hubungan antara regangan *bending* dengan fraksi volume

Peningkatan fraksi volume serat menyebabkan penurunan defleksi. Penyebab turunnya defleksi adalah karena berkurangnya volume matrik pada komposit. Matrik bersifat lebih kaku daripada serat, sehingga berkurangnya matrik akan menyebabkan bertambahnya defleksi pada komposit. Komposit dengan perendaman serat 0 jam mempunyai nilai defleksi yang rendah karena ikatan antara serat dengan matrik tidak kuat. Pada permukaan serat masih terdapat lapisan lignin (lapisan lilin) yang melindungi serat. Komposit setelah mengalami perendaman lapisan lignin-nya akan terkikis sehingga ikatan antara matrik dengan serat menjadi lebih kuat. Hal ini menyebabkan nilai defleksi komposit lebih tinggi.

2. Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Bending Komposit.

Pengujian pengaruh perlakuan alkali terhadap kekuatan bending dilakukan pada fraksi volume yang tidak jauh berbeda. Perendaman serat dalam larutan alkali akan mengikis lapisan lignin yang berfungsi sebagai pelindung serat. Hal ini mengakibatkan daya ikat antara matrik dengan serat menjadi semakin kuat. Namun jika terlalu lama waktu perendamannya dapat mengakibatkan serat menjadi rapuh sehingga daya ikatnya semakin lemah. Hasil pengujian pengaruh lama perendaman dalam larutan alkali dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Pengaruh lama perendaman alkali terhadap kekuatan bending komposit

Perlakuan NaOH	Tebal sampel (mm)	Vf (%)	Tegangan bending, σ (MPa)			Modulus bending, ϵ (GPa)			Regangan bending (%)		
			Max	Rata-rata	Min	Max	Rata-rata	Min	Max	Rata-rata	Min
0 jam	4,00	34,44	201,30	172,35	140,52	5,00	4,06	3,35	4,22	4,08	3,96
2 jam	4,17	34,90	219,63	198,39	164,92	5,16	4,72	3,94	4,10	4,07	4,00
4 jam	3,73	34,22	228,05	204,95	189,35	6,21	5,92	5,77	3,87	3,46	3,22
6 jam	4,40	34,96	244,17	218,06	180,30	5,07	4,77	4,28	4,69	4,39	4,10
8 jam	3,57	33,45	197,20	188,20	173,74	4,63	4,41	4,26	4,38	4,14	3,96

Hasil pengujian komposit dengan penguat serat nanas-nanasan menunjukkan dengan semakin lamanya perlakuan alkali (NaOH) kekuatan bending cenderung semakin meningkat. Kekuatan bending optimum terjadi pada 6 jam perendaman alkali sebesar 218,06 Mpa sedangkan kekuatan bending terendah pada komposit tanpa perendaman alkali sebesar 172,35 MPa. Pada serat tanpa perendaman, lapisan lignin dan kotoran menghalangi ikatan matrik dengan serat sehingga beban tidak dapat ditahan secara optimal. Namun pada 8 jam perendaman alkali kekuatan bending kembali turun. Hal ini disebabkan terlalu lama serat direndam mengakibatkan serat menjadi keropos sehingga kekuatan dan kekakuan bahan berkurang.

Modulus bending komposit berpenguat serat nanas-nanasan yang optimum terjadi pada lama perendaman 4 jam perlakuan alkali. Sebenarnya kenaikan modulus bending sebanding dengan kekuatan bending, semakin lama perlakuan alkali maka modulus elastisitasnya tinggi, namun pada 6 dan 8 jam mengalami penurunan. Nilai modulus bending tertinggi sebesar 5,92 GPa yang semakin menurun seiring penambahan waktu perendaman. Hal ini dikarenakan matrik sebagai bahan pengikat belum dapat mendistribusikan gaya atau beban antar serat secara merata, bisa juga disebabkan pengisian volume belum merata sehingga fungsi matrik sebagai pengisi volume dan pelindung serat belum maksimal.

Regangan bending pada komposit berpenguat serat nanas-nanasan polyester mencapai nilai tertinggi pada perendaman 6 jam sebesar 4,39% dan terendah pada perlakuan alkali 4 jam sebesar 3,46%. Pada pengujian untuk regangan bending sebenarnya cenderung naik namun pada 4 jam perendaman alkali regangan

bending mengalami penurunan disebabkan karena spesimen yang keras dan getas mengakibatkan nilai defleksi pada pengujian kecil sehingga sangat berpengaruh pada penurunan regangan seperti terlihat pada grafik hubungan defleksi dengan perlakuan alkali.

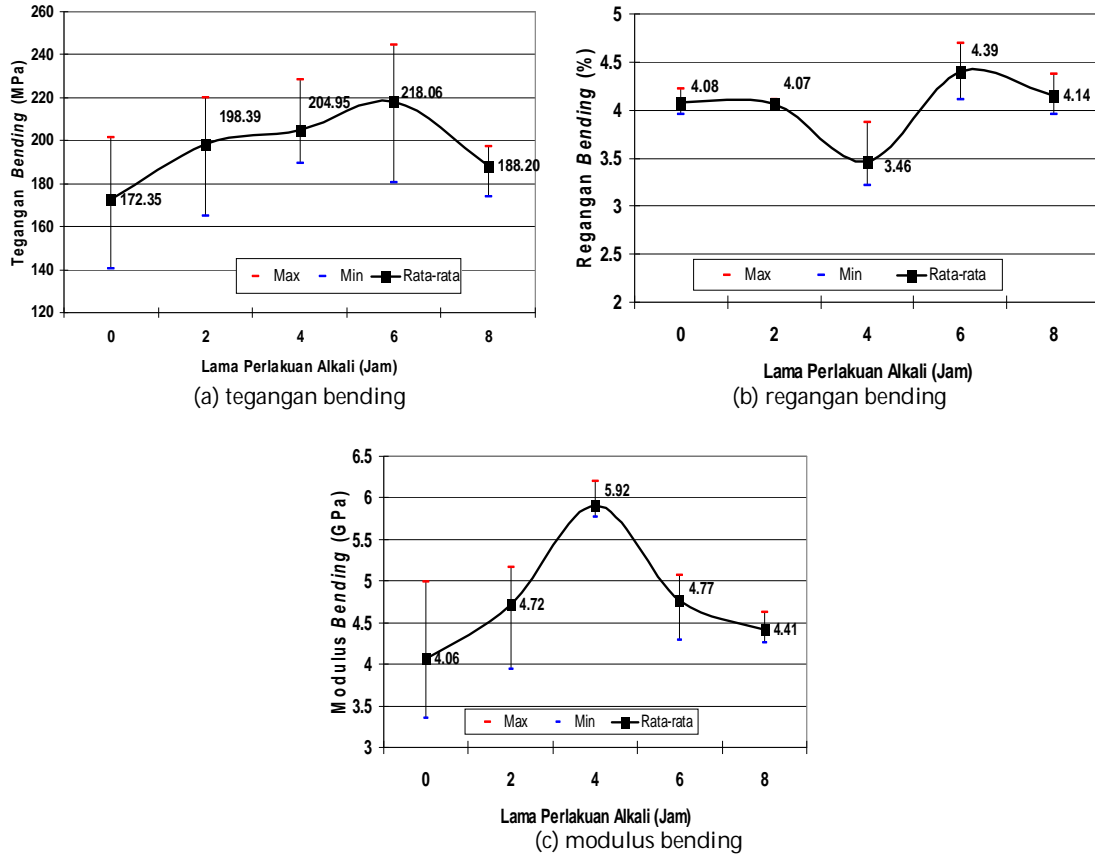
Hubungan antara lama perendaman serat terhadap kekuatan bending dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

3. Pengamatan Makro Penampang Patahan

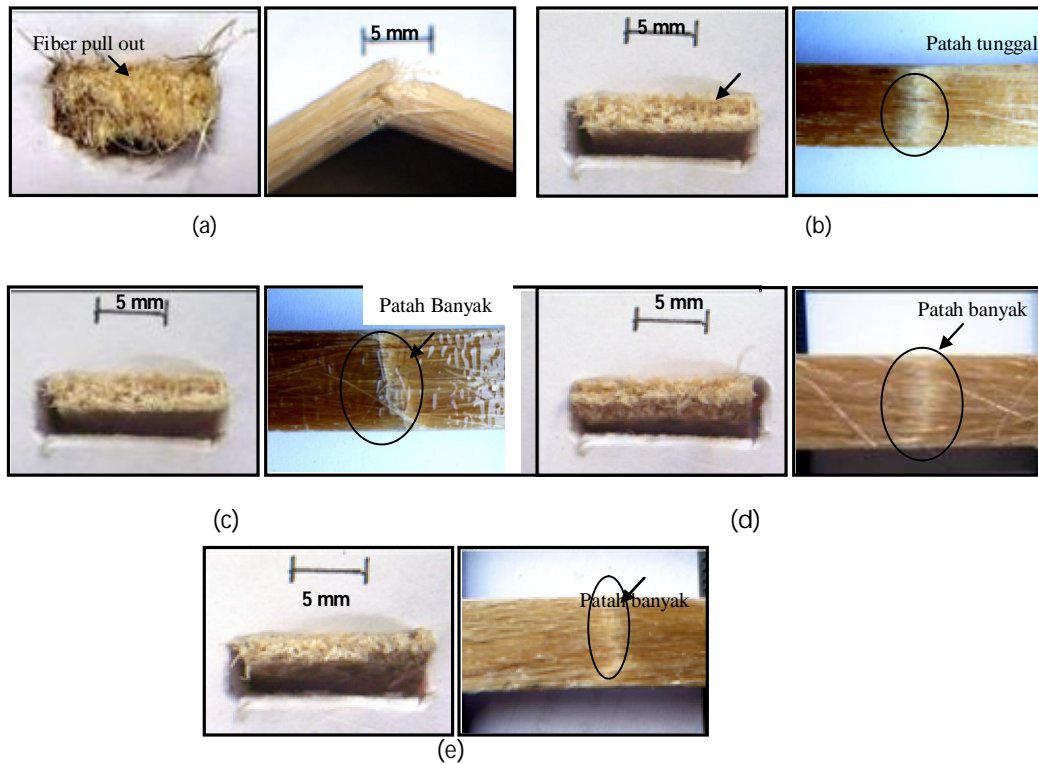
Pengamatan struktur makro dilakukan pengamatan pada penampang patahan dari benda uji seperti pada Gambar 5. Foto penampang patah makro diambil dari spesimen uji bending fraksi volume yang sama dari setiap perendaman alkali, sehingga perbedaan struktur makronya jelas terlihat.. Untuk mengetahui model patahan, maka setelah diuji spesimen dirusak karena hasil dari pengujian tidak menyebabkan spesimen patah.

Karakteristik patahan komposit pada berbagai fraksi volume serat adalah *hinge break*, seperti pada Gambar 5. Pada fraksi volume serat 21,76 %, kandungan *fiber pull out* lebih sedikit dibandingkan dengan komposit dengan kandungan serat yang lebih besar. Komposit dengan fraksi volume serat 39,85% memiliki kegagalan *fiber pull out* yang lebih banyak karena kandungan seratnya pun lebih besar.

Foto makro penampang patahan pada kekuatan bending optimum yang terjadi pada perlakuan alkali 6 jam (Gambar 5) terlihat patahan yang rata yang menunjukkan ikatan matrik dengan serat cukup kuat sehingga matrik dan serat patah bersamaan saat terjadi kegagalan, meskipun pada penampang masih juga terdapat *fiber pull out* dengan jumlah yang tidak banyak.



GAMBAR 4. Pengaruh lama perlakuan alkali terhadap kekuatan bending komposit



GAMBAR 5. Penampang patah dengan perlakuan alkali (a). 0 jam; (b). 2 jam; (c). 4 jam; (d). 6 jam; dan (e). 8 jam pada fraksi volume 30 %

Kegagalan komposit pada pengujian *bending* dimulai dari bagian bawah akibat tegangan tarik. Kemampuan komposit pada perlakuan alkali 0 jam (Gambar 5a), kegagalan terlihat jelas pada bagian bawah inilah yang menyebabkan terjadinya *fiber pull out* sebagai akibat dari kurang kuatnya ikatan *interface* antara serat dengan resin. Komposit tersebut selain mengalami *fiber pull out* juga mengakibatkan adanya *debonding*. Terlihat bahwa semakin lama perlakuan alkali *fiber pull out* yang terjadi semakin sedikit (Gambar 5.b, Gambar 5.c, Gambar 5.d dan Gambar 5.e) disebabkan serat semakin halus sehingga daya rekat resin dengan serat cukup baik namun untuk kekuatan kompositnya sangat rendah.

Lama perendaman serat dalam larutan alkali juga menyebabkan jenis patahan menjadi patah banyak. Untuk serat tanpa perendaman dan perendaman 2 jam (Gambar 5.a dan Gambar 5.b) jenis patahan adalah patahan tunggal sedangkan semakin lama perendaman seperti Gambar 5.c, Gambar 5.d dan Gambar 5.e terbentuk patah banyak. Semakin lama perendaman serat menyebabkan daya ikatan matrik dan serat menjadi lebih kuat, kerusakan akibat beban pada komposit akan mencari ikatan yang paling lemah sehingga bidang patahan menjadi banyak.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Peningkatan fraksi volume serat komposit akan meningkatkan tegangan dan regangan *bending*. Pada perendaman alkali 6 jam, tegangan *bending* terendah pada fraksi volume serat 22,69% sebesar 169,34 MPa dengan regangan 3,85%, sedangkan tertinggi pada fraksi volume 34,96% sebesar 218,06 MPa dengan regangan 4,39%. Modulus *bending* tertinggi pada perendaman alkali 4 jam sebesar 5,92 GPa.
2. Perendaman serat dapat meningkatkan kekuatan *bending* komposit, namun jika terlalu lama kekuatan *bending* akan kembali turun. Perendaman optimal dilakukan selama 6 jam dengan menghasilkan tegangan dan regangan *bending* sebesar 218,06 MPa dan 4,39% pada fraksi volume 34,96%. Modulus *bending* optimum terjadi

pada perlakuan alkali 4 jam yaitu sebesar 5,92 GPa pada fraksi volume 34,22%.

3. Karakteristik hasil foto makro pada penampang patahan komposit 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 8 jam perlakuan alkali adalah jenis *fiber pull out* dan *debonding*. Seiring dengan lamanya perlakuan alkali, serat yang tercabut pada patahan makin sedikit dan patahan menjadi patah banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah G., Diharjo K., Soekrisno & Triyono. (2003). *Rancang bangun dinding kereta api dengan komposit sandwich serat gelas*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing X. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan Nasional.
- American Society of Testing and Materials (ASTM). (2003). *Annual Book of ASTM Standard (ASTM D 790 & ASTM D 5941 Section 4, Vol. 04.06 E-1050-90)*. West Conshohocken: ASTM.
- Diharjo, K., Soekrisno, Triyono & Abdullah G. (2003). *Teknik penguatan komposit serta karung plastik berlubang*. Laporan Penelitian Dosen Muda. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan Nasional.
- George, J., Janardhan, R., Anand, J.S., Bhagawan, S. S. & Thomas, S. (1996). Melt rheological behavior of short pineapple fiber reinforced low density polyethylene composites. *Polymer*, 37(24), 5421-5431.
- Gibson, O. F. (1994). *Principle of Composite Materials Mechanics*. New York: McGraw-Hill.
- Kaw, A. K. (1997). *Mechanics of Composite Materials*, New York: CRC Press.
- Nuri, S. H., Suwanda, T., Diharjo, K., & Amin, S. (2006). *Kajian komprehensif pengaruh perlakuan alkali terhadap kekuatan komposit berpenguat serat nanas-nanasan (Bromeliaceae)*. Laporan Penelitian Dosen Muda. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan Nasional.

- 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*, 24(2), 129-135.
- Shackelford. (1992). *Introduction to Materials Science for Engineer* (3rd ed.). New York: MacMillan Publishing.
- Yanuar D., dan Diharjo K., 2003, “*Karakteristik Mekanis Komposit Sandwich Serat Gelas Serat Chopped Strand Mat Dengan Penambahan Lapisan Gel Coat*”, Skripsi, Teknik Mesin FT UNS, Surakarta.

PENULIS:

Muh. Budi Nur Rahman✉, Totok Suwanda

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Jalan Lingkar Selatan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia.

✉ Email: nurrahman_ummy@yahoo.co.id

Kuncoro Diharjo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57126, Indonesia.

Diskusi untuk makalah ini dibuka hingga 1 Oktober 2009 dan akan diterbitkan dalam jurnal edisi November 2009.