

KAJIAN KEKUATAN *BENDING* KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT NANAS-NANASAN (*BROMELIACEA*)

HARI PRIYANTO¹

Abstrak

Komposit serat terdiri dari serat sebagai penguat dan resin sebagai pengikat. Kekuatan, ketahanan dan kekakuan terhadap bahan perlu diperhatikan dalam penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan *bending* komposit berpenguat serat nanas-nanasan dengan perlakuan alkali dan mengamati karakteristik penampang patah.

Bahan yang digunakan adalah serat nanas-nanasan (*bromeliacea*), resin *polyester*, *NaOH* teknis dan aquades. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode cetak tekan. Dimensi spesimen dan metode pengujian *bending* dilakukan dengan mengacu pada standar *ASTM D790*. *Variabel* dalam penelitian ini adalah fraksi volume serat sebesar 20-50%. Visualisasi penampang patah ditampilkan dalam bentuk foto makro.

Komposit berpenguat serat nanas-nanasan dengan matrik *polyester* menghasilkan tegangan optimum terjadi pada perlakuan alkali 6 jam yaitu sebesar 107,19 MPa. Modulus *bending* optimum terjadi pada perlakuan alkali 2 jam yaitu sebesar 7,33 GPa. Regangan *bending* optimum terjadi pada perlakuan alkali 4 jam sebesar 4,85%.

Kata kunci: Serat nanas-nanasan. Perlakuan alkali. Tegangan. Modulus.
Regangan.

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

1. Pendahuluan

Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material yang mempunyai perpaduan dua sifat dasar yaitu kuat namun juga ringan. Tren perkembangan komposit dewasa ini beralih dari komposit dengan material penyusun sintetis ke komposit dengan material penyusun dari bahan alami.

Salah satu jenis serat alam yang berpotensi untuk digunakan sebagai penguat bahan komposit adalah serat nanas (*Ananas comosus L.Merr*). *Ananas comosus L.Merr* adalah sejenis tumbuhan tropis yang berasal dari Brasil, Bolivia, dan Paraguay. Tumbuhan ini termasuk dalam familia nanas-nanasan (Famili *Bromeliaceae*). Pengaruh treatment serat nanas dengan perendaman pada larutan alkali (NaOH) mampu meningkatkan kekuatan tarik terutama pada serat dengan perlakuan 2 jam sedangkan pada serat hasil perlakuan NaOH selama 4 jam cenderung mengalami drop kekuatan tariknya (Sugiyanto, 2013). Oleh karena itu maka peneliti tertarik melakukan penelitian untuk mengetahui kekuatan bending bahan komposit serat nanas dengan variasi perlakuan perendaman NaOH dan fraksi volume serat.

2. Tinjauan Pustaka

Dalam berbagai penelitian komposit dengan perlakuan alkali dan orientasi arah serat memberi pengaruh yang berbeda pada kekuatan bahan. Pada uji lentur, perlakuan alkali dan orientasi arah serat serta interaksi keduanya menunjukkan pengaruh yang berbeda.

Joni, Johannes Leonard dan Rafiuddin Syam (2010) melakukan studi tentang Analisis Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Epoksi Yang Diperkuat Dengan Serat Kulit Kayu Khombouw. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh kekuatan tarik dan lentur dari material komposit epoksi yang diperkuat erat kulit

kayu khombow dengan variasi arah serat dan perlakuan alkali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efek perlakuan alkali dan perubahan arah serat memberikan nilai kekuatan tarik dan lentur yang bervariasi. Nilai kekuatan tarik maksimum tanpa perlakuan alkali adalah 2.73 MPa (arah serat -600/00/600), terjadi kenaikan 7.69%. Kekuatan tarik maksimum pada variasi waktu perendaman serat diperoleh sebesar 11.45 MPa dengan waktu perendaman selama 4 jam (arah serat 450/00/450). Kekuatan lentur maksimum tanpa perlakuan alkali adalah 31.50 MPa (arah serat -300/00/300 dan 600/00/600), dengan perlakuan alkali selama 2 jam diperoleh 130.50 MPa (arah serat -300/00/300). Perlakuan alkali dan orientasi arah serat memberi pengaruh yang berbeda dan interaksi antara keduanya sama. Pada uji lentur, perlakuan alkali dan orientasi arah serat serta interaksi keduanya menunjukkan pengaruh yang berbeda.

2.1 Pengertian Komposit

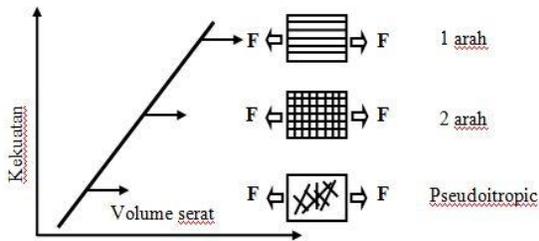
Komposit merupakan suatu bahan hasil penggabungan dari dua atau lebih material penyusun yang berbeda secara makroskopik yang tidak larut satu dengan yang lainnya (Schwartz, 1984).

2.2 Klasifikasi Komposit

Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis, bergantung pada geometri dan jenis seratnya (Barthelot, 1997). ketahanan, dan ketahanan tergantung dari geometri dan sifat-sifat seratnya.

Serat merupakan material penguat pada komposit serat dan berfungsi sebagai penahan beban paling utama. Faktor penting untuk menentukan kekuatan komposit serat yaitu : jumlah serat, orientasi serat, panjang serat, model atau bentuk serat. Seperti dinyatakan oleh Schwartz (1984) bahwa

semakin banyak serat yang dikandung dalam komposit, maka kekuatan mekanisnya (*strength*) semakin besar. Gambar 2.2 dibawah menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat maka kecenderungan kekuatan komposit semakin tinggi.



Gambar 2.1 Grafik hubungan antara kekuatan dan susunan serat pada komposit (Schwartz, 1984)

Secara garis besar bahan komposit sesuai dengan susunannya terdiri atas dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*).

2.3 Matrik

Matrik dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik dan matrik juga harus bisa meneruskan beban dari luar ke serat. Matrik yang sering digunakan untuk memproduksi komposit FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) berwujud resin. Salah satu jenis resin yang banyak digunakan adalah resin termoset. Termoset tersusun atas molekul-molekul berbentuk jala yang besar. Rangkaian tersebut bersenyawa satu dengan yang lain secara langsung. Jadi, resin termoset adalah bahan yang tidak menjadi plastis karena pemanasan dan tidak mencair. Resin termoset bila dipanaskan akan mengurangi sifat kekakuannya pada temperatur distorsi (temperatur batas efektif untuk penggunaan komponen struktur) (Hull, 1981). Jenis resin termoset antara lain : *phenolit, epoxy, polyester, melamine* dan

yang paling sering digunakan pada komposit serat gelas dan serat alam adalah resin *polyester* dan resin *epoxy* (Gibson, 1994).

2.4 Larutan Alkali

Sodium hydroxide (NaOH) dikenal sebagai soda *kaustik*, adalah sebuah *kaustik* (bahan pembakar/pengikat berbahan dasar logam). Alkali soda *kaustik* banyak digunakan pada dunia industri terutama sebagai bahan dasar kimia yang kuat dalam pembuatan pulp dan kertas, tekstil, air minum dan zat pembersih (*detergents*). *Sodium hydroxide* juga banyak digunakan dalam laboratorium-laboratorium kimia. (http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_hydroxide)

2.5 Hardener

Bahan tambahan utama adalah katalis (*hardener*). Katalis berfungsi memulai dan mempersingkat reaksi curing (mengeraskan cairan resin) pada temperatur terelevasi (*elevated temperature*) tanpa ikut bereaksi. Semakin banyak katalis, reaksi *curing* akan semakin cepat. Tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas yang tinggi pada saat *curing* sehingga bisa merusak produk yang dibuat. Produk tersebut dapat menjadikan bahan komposit lebih getas atau rapuh. Oleh karena itu, pemberian katalis dibatasi kira-kira sebesar 1 - 2 % dari berat resin. Salah satu katalis yang sering digunakan adalah MEKPO (*Methyl Ethil Keton Peroksida*).

2.6 Karakteristik material komposit

Karakteristik material komposit adalah berupa hitungan mengenai :

2.6.1. Volume komposit (v_c)

Persamaan untuk mengetahui volume komposit (Berthelot, 1997) menjelaskan bahwa volume komposit adalah perpaduan antara volume serat dan volume matrik dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

$$v_c = v_f + v_m = \frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m} \dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

v_c = Volume komposit (cm³)

v_f = Volume serat (cm³)

v_m = Volume matrik (cm³)

m_f = Massa serat nanas-nanasan acak (gram)

ρ_f = Berat jenis serat nanas-nanasan (gram/cm³)

m_m = Massa matrik (gram)

ρ_m = Berat jenis matrik (gram/cm³)

2.6.2. Fraksi volume (V_f)

Setelah diketahui volume komposit (Berthelot, 1997) maka dapat diketahui pula fraksi volume serat sebagai bahan kontrol dalam penelitian dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} \dots\dots\dots(2.2)$$

V_f = Fraksi volume serat (%)

2.7 Kekuatan Bending

Karakteristik kekuatan bending pada material simetris pusat sumbu utama ada dibagian tengah, kekuatan bending pada sisi bagian atas = kekuatan bending pada sisi bawah. Pada perhitungan kekuatan bending ini, digunakan persamaan yang ada pada standar ASTM D790, yaitu :

$$S = \frac{3PL}{2b.d^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

S = Tegangan *bending* (Mpa)

P = Beban atau *Load* (N)

L = Panjang *Span* atau *Support span* (mm)

b = Lebar atau *Width* (mm)

d = Tebal atau *Depth* (mm)

Elastisitas adalah sifat material yang memungkinkan untuk kembali ke bentuk semula, panjangnya tidak terdeteksi setelah beban dihilangkan. Modulus elastisitas bending komposit serat nanas-nanasan kontinyu dapat dianalisa dengan menggunakan persamaan sesuai standar yaitu pada ASTM D790 sebagai berikut

$$E_H = \frac{L^3 m}{4bd^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

E_H = Modulus Elastisitas *Bending* (Gpa)

L = Panjang *Span* atau *Support span* (mm)

b = Lebar atau *Width* (mm)

d = Tebal atau *Depth* (mm)

m = Slope Tangent pada kurva beban defleksi (N/mm).

Regangan *bending* adalah perubahan bagian nilai panjang sebuah elemen pada permukaan terluar dari spesimen di tengah-tengah *span* dimana tegangan maksimum terjadi. Regangan *bending* komposit serat nanas-nanasan *polyester* dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan sesuai standar yaitu pada ASTM D790 sebagai berikut :

$$\epsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

ϵ_f = Regangan pada permukaan terluar, mm/mm (in/in)

D = Defleksi maksimum pada tengah-tengah batang spesimen, mm (in)

L = Panjang *span*, mm (in)

d = Tebal spesimen, mm (in)

2.8 Karakteristik Penampang Patahan Material Komposit

a. *Fiber Pull Out*

Fiber pull out adalah tercabutnya serat dari matrik yang terjadi ketika matrik retak akibat beban tarik. Kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang. Namun komposit masih

mampu menahan walaupun beban yang mampu ditahan lebih kecil daripada beban maksimum. Saat matrik retak, beban akan ditransfer dari matrik ke serat ditempat persinggungan retak. Selanjutnya, kemampuan untuk mendukung beban berasal dari serat. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matrik akibat *debonding* dan patahnya serat (Schwartz, 1984).

b. Patah banyak

Ketika jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan *interface* masih baik, matrik mampu mendukung beban yang diterima dengan cara mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Apabila matrik mampu menahan gaya geser dan meneruskan beban ke serat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak. Patahan terjadi lebih dari satu bidang (Schwartz, 1984).

c. Patah tunggal

Patah yang disebabkan ketika serat putus akibat beban tarik, matrik tidak mampu lagi menahan beban tambahan. Patahan terjadi pada satu bidang (Schwartz, 1984).

3. Metode Penelitian

3.1 Persiapan Serat

Serat berasal dari daun nanas-nanasan berduri (*bromiliaceae*). Untuk mengambil serat dari daun tersebut dengan cara :

- Daun nanas-nanasan direndam dalam air beberapa hari hingga daun tersebut melunak hingga serat dapat diurai.
- Setelah daun nanas-nanasan itu lunak kemudian daun tersebut dicuci sambil diurut untuk membuang bagian yang mengikat serat, dengan cara tersebut serat dapat diambil.
- Proses selanjutnya, serat yang sudah dapat diambil dicuci sampai benar-

benar bersih kemudian dijemur, setelah kering di potong-potong sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan.

- Serat yang sudah dipotong disisir supaya serat tersebut terurai dan kotoran yang masih melekat terbuang.
- Kemudian serat direndam dengan larutan alkali (NaOH 5%).

3.2 Perlakuan Alkali 5 % NaOH

Perlakuan perendaman dengan alkali 5 % (NaOH) yaitu : tanpa perendaman, 2 jam perendaman, 4 jam perendaman, 6 jam perendaman dan 8 jam perendaman. Tujuan perlakuan perendaman tersebut dimaksudkan untuk membersihkan serat dari lapisan pelindung serat agar daya resap resin bagus, dengan konsekuensi kekuatan serat berkurang diakibatkan hilangnya lapisan pelindung serat, terlihat pada gambar 3.2 .(a) sebelum perlakuan alkali. (b) serat diberi perlakuan alkali.

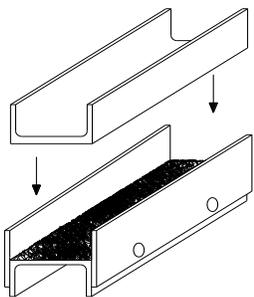
Setelah serat direndam dengan NaOH, dicuci beberapa kali dengan air bersih untuk menghilangkan pengaruh NaOH yang ada pada serat, serta menetralkan serat dan dicuci lagi dengan air suling hingga serat bersih dari pengaruh NaOH. Setelah bersih serat diangin-anginkan kemudian di oven hingga kadar air yang terkandung pada serat kurang lebih 10 % dengan suhu 60°C selama 15 menit.

3.3 Persiapan Pencetakan

Proses pembuatan cetakan komposit dilakukan dengan cara manual. Cetakan dibuat dari baja profil yang bisa dibongkar pasang. Hal ini mempermudah pengeluaran komposit dari cetakan dan mempermudah proses pencetakan komposit. Cetakan dibuat dengan ukuran panjang 18,5 cm dan lebar 8 cm. Karena teknik pencetakan komposit adalah cetak tekan (*press mould*), maka cetakan dilengkapi dengan dongkrak atau

klem untuk penekanannya. Urutan langkah proses pembuatan komposit adalah :

- a. Sebelum digunakan dalam pencetakan komposit, serat nanas-nanasan dibersihkan terlebih dahulu dengan cara pemilihan serat nanas-nanasan dari kotoran-kotoran. Hal ini dilakukan agar serat nanas-nanasan yang didapat adalah serat nanas-nanasan yang seragam bentuk dan ukurannya. Setelah itu serat disusun secara merata di dalam cetakan. Teknik pencetakan dilakukan secara manual yaitu cetak tekan (*press mould*).
- b. Resin yang telah dicampur dengan katalis diaduk dengan perlahan agar tidak menimbulkan gelembung udara, lalu dituangkan di atas susunan serat sampai cairan tersebut merata dan benar-benar membasahi semua serat.
- c. Setelah tercampur kemudian tekan serat dengan kayu atau sejenisnya secara perlahan. Hal ini dilakukan untuk mengeluarkan udara yang terjebak di dalam susunan serat dan resin pada proses pencetakan.
- d. Setelah serat dan resin tercampur merata lalu tutup cetakan dengan penutup cetakan yang disertai penekanan menggunakan klem atau dongkrak sampai memenuhi ketebalan yang diharapkan yaitu ± 3 mm.



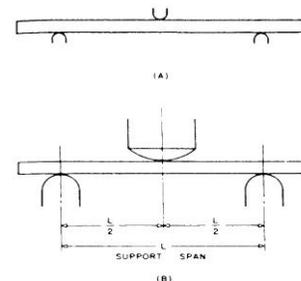
Gambar 3.1 Penutupan Serat + Resin

- e. Proses selanjutnya adalah pembekuan, yaitu didiamkan dalam cetakan pada

temperatur ruang selama kurang lebih 8 jam.

- f. Setelah kering komposit yang masih berupa lembaran ditimbang untuk mengetahui berat material komposit tersebut.

Komposit yang telah jadi dipotong dan dibentuk menjadi spesimen uji sesuai dengan standar uji ASTM D 790. 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 dilakukan dengan metode pembebanan tiga titik (*three point bending*). Dimana spesimen diletakkan di atas dua penumpu (*supports*) berbentuk silinder dengan diameter maksimum $\pm 1,6$ x tebal spesimen dan sebagai penekan (*loading nose*) dengan diameter maksimum ± 4 x tebal spesimen (ASTM D790). Dalam pengujian bending yang dilakukan menggunakan mesin uji bending Torssee.



Gambar 3.2 Pembebanan tiga titik (*three point bending*)

(A) Diameter minimum = 3,2 mm;

(B) Diameter maksimum penumpu

atau penahan = 1,6x tebal spesimen;

Diameter maksimum penekan 4x tebal spesimen (ASTM D790)

4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Dari hasil pengujian tersebut diperoleh data pembebanan serta defleksi. Adapun hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

Perlakuan alkali mempunyai pengaruh terhadap sifat bending,

4.1 Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) terhadap Sifat Bending

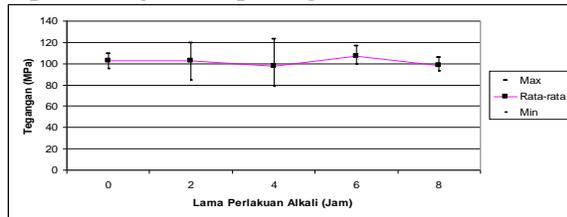
Perlakuan alkali mempunyai pengaruh terhadap sifat *bending*, hal ini dapat ditunjukkan pada table 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Tegangan *Bending*, Modulus *Bending*, dan Regangan *Bending* Komposit Serat Nanas dengan Perlakuan Alkali

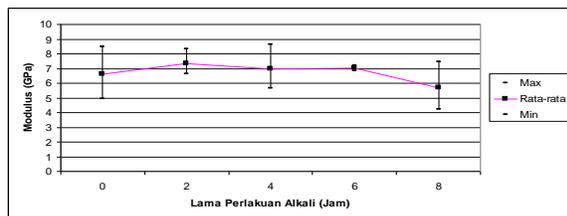
Perlakuan Alkali	Tebal Sampel (mm)	Vf (%)	Tegangan <i>Bending</i> (Mpa)			Modulus <i>Bending</i> (Gpa)			Regangan <i>Bending</i> (%)		
			Max	Rata2	Min	Max	Rata2	Min	Max	Rata2	Min
			0	3,67	32,54	109	102,62	94,66	8,47	6,61	4,92
2	4,5	27,78	118,95	102,87	83,83	8,33	7,33	6,63	4,22	3,74	3,05
4	3,17	32,13	122,88	97,41	77,9	8,6	6,97	5,62	5,59	4,85	4,38
6	3,23	29,92	116,22	107,19	99,07	7,18	7,03	6,82	5,42	4,55	3,54
8	3,17	29,52	105,89	98,19	92,29	7,46	5,69	4,2	5,47	4,21	3,52

Sumber: Data diolah, 2013

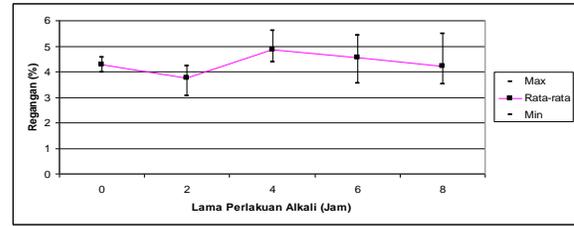
Berdasarkan data di atas, maka tegangan *bending*, modulus *bending*, dan regangan *bending* komposit serat nanas dengan perlakuan alkali secara lebih jelas dapat ditunjukkan pada grafik berikut ini.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Tegangan *Bending*, Modulus *Bending*, dan Regangan *Bending*

Berdasarkan grafik 4.1 (a) di atas dapat diketahui bahwa perlakuan alkali berpengaruh terhadap tegangan *bending* pada komposit berpenguat serat nanas-nanas, walaupun terdapat penurunan pada perlakuan alkali 4 dan 8 jam. Tegangan *bending* optimum terjadi pada perlakuan alkali selama 6 jam sebesar 107,19 MPa. Perlakuan alkali ini dapat menyebabkan terkikisnya lapisan luar serat atau yang disebut *lignin* serta kotoran yang menempel sehingga ikatan antara serat dengan resin menjadi lebih baik. Sedangkan apabila perlakuan serat terlalu lama, maka dapat menyebabkan kekakuan bahan (serat) yang berdampak pada menurunnya kekuatan bahan. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan alkali 8 jam yang mengalami penurunan kekuatan *bending*.

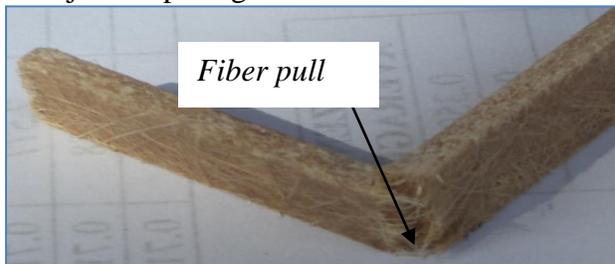
Selanjutnya pada grafik 4.1 (b) menunjukkan bahwa perlakuan alkali berpengaruh terhadap modulus *bending*. Modulus *bending* komposit berpenguat serat nanas-nanas yang optimal terlihat pada perlakuan alkali 2 jam dengan modulus elastisitas sebesar 7,33 GPa. Modulus elastisitas *bending* menunjukkan penurunan pada perlakuan alkali selama 8 jam, hal ini mengindikasikan bahwa *matrik* yang berfungsi sebagai pengikat serat tidak dapat mendistribusikan beban secara merata pada serat.

Sedangkan hasil pada regangan *bending* menunjukkan bahwa pada perlakuan alkali 2 jam

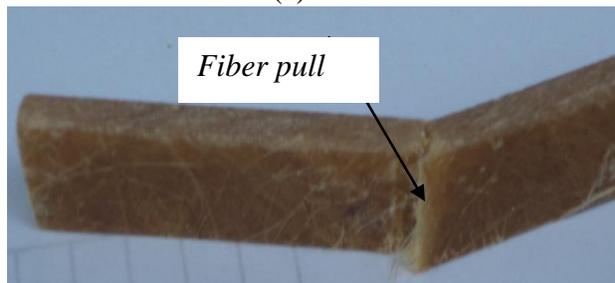
memiliki regangan yang paling kecil, sedangkan regangan yang optimum terjadi pada perlakuan alkali 4 jam. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh perlakuan alkali terhadap serat, dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hydrophilic* (suka terhadap air) serat dapat memberikan kekuatan *interfacial* dengan *matrik* polimer secara optimal yang berdampak pada nilai defleksi yang tinggi.

4.2. Pengamatan Foto Makro

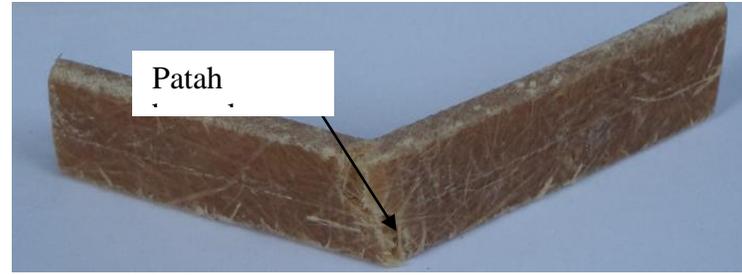
Hasil pengamatan foto makro dilakukan terhadap spesimen uji bending pada fraksi volume yang sama dari setiap perlakuan alkali. Foto makro penampang patah komposit berpenguat serat nanas-nanasan dengan perlakuan alkali dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



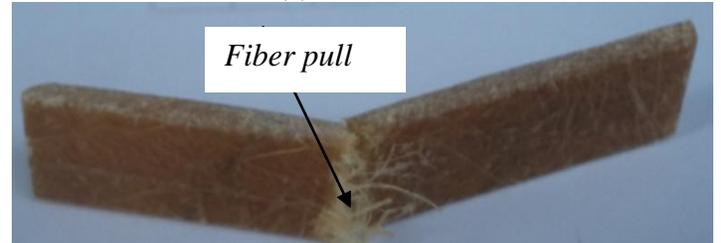
(a)



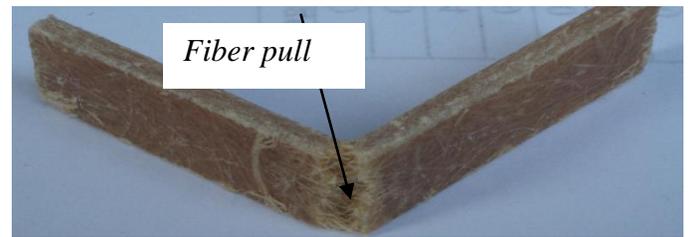
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 4.4 Penampang patah dengan perlakuan alkali (a) 0 jam $vf= 23,36\%$; (b) 2 jam $vf= 20,02$; (c) 4 jam $vf= 24,29$; (d) 6 jam $vf= 25,03$ dan (e) 8 jam $vf= 24,32$

Berdasarkan hasil pengamatan foto makro yang ditunjukkan pada gambar 4.4 pada umumnya menunjukkan bentuk patah banyak. Bentuk patah banyak ini disebabkan karena kekuatan *interface* yang masih baik, matriks dapat menahan beban yang diterima serta mampu mendistribusikan beban tersebut pada serat. Akibat yang terlihat adalah bentuk patahan yang terjadi lebih dari satu bidang serta jumlah serat putus juga semakin banyak. Pada gambar 4.4 di atas juga menunjukkan penampang patahan yang terdapat serat yang tercabut (*fiber pull out*), akan tetapi dengan perlakuan alkali dapat mengurangi hal tersebut (gambar b, c dan e). Hal ini disebabkan karena perlakuan alkali

dapat mengurangi/menghilangkan lapisan lignin atau seperti lapisan lilin yang terdapat pada serat sehingga membuat serat semakin halus dan daya lekat serat dengan resin menjadi lebih baik.

5. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan uji *bending* serta analisis pengamatan foto makro, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Komposit berpenguat serat nanas-nanasan dengan matrik *polyester* menghasilkan tegangan optimum terjadi pada perlakuan alkali 6 jam yaitu sebesar 107,19 MPa. Modulus *bending* optimum terjadi pada perlakuan alkali 2 jam yaitu sebesar 7,33GPa. Regangan *bending* optimum terjadi pada perlakuan alkali 4 jam sebesar 4,85%.
- b. Karakteristik hasil foto makro pada penampang patahan komposit tanpa perlakuan alkali terjadi *fiber pull out*. Semakin lama perlakuan alkali *fiber pull out* yang terjadi semakin sedikit.

5.2. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan variasi fraksi volume serat, variasi perlakuan alkali atau dengan penambahan material lain. Variasi untuk memperoleh material komposit serat nanas-nanasan dan serat lain pada umumnya lebih baik lagi kualitasnya dari penelitian yang sudah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Berthelot, M.J, 1997, *Composite Material, Mechanical Behavior And Structure Analysis*, Springer, Verlag, New York, USA.

Chawla, 1987, *Composite Materials : Science and Engineering*, Springer Verlag, New York

Gibson F.R., 1994, *Principles of Composite Materials Handbook*, Mc Graw-Hill, Singapura.

http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_hydroxide

Hull, 1981, *An Introduction to Composite Materials*, Cambridge : Cambridge University Press.

Schwartz M.M., 1984, *Composite Material Handbook*, Mc graw-Hill, Singapura

