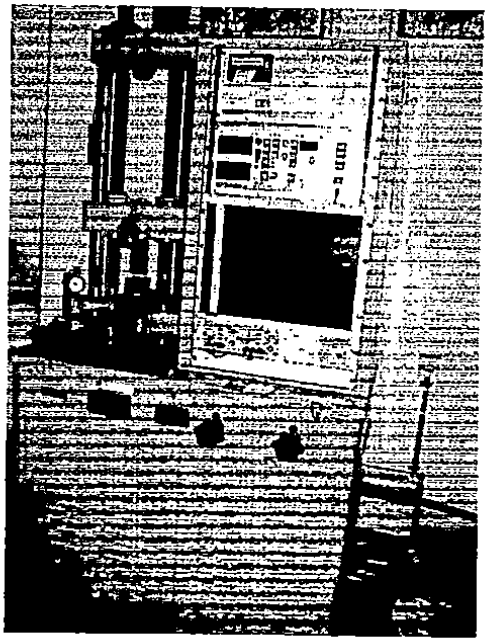
Lampiran 1. Instrumen Penelitian



Gambar 1. Alat Pengujian Bending

Gambar 2. Alat Pengujian Impak

Lampiran 2

PERSONALIA PENELITIAN

1. Ketua Peneliti :

a. Nama Lengkap	: **M. Budi Nur Rahman, S.T.**
b. Golongan/Pangkat/NIP	: IIIa / Penata Muda /132 312 576
c. Jabatan Fungsional	: -
d. Jabatan Struktural	: Tidak ada
e. Fakultas/Program Studi	: Teknik / Teknik Mesin
f. Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Yoryakarta
g. Bidang Keahlian	: Mekanika Bahan
h. Waktu untuk Penelitian ini	: 15 jam/minggu

2. Anggota Peneliti :

a. Nama Lengkap	: Totok Suwanda, S.T., M.T.
b. Golongan/Pangkat/NIK	: IIIb / Penata Muda / 123024
c. Jabatan Fungsional	: Asisten Ahli
d. Jabatan Struktural	: Dosen & Peneliti
e. Fakultas/Program Studi	: Teknik / Teknik Mesin
f. Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammaduyah Yogyakarta
g. Bidang Keahlian	: Komposit / Mekanika Bahan
h. Waktu untuk Penelitian ini	: 15 jam / minggu

3. Pembimbing Peneliti :

a. Nama Lengkap	: **Kuncoro Diharjo, S.T., M.T.**
b. Golongan/Pangkat/NIP	: IIIc / Penata / 132163118
c. Jabatan Fungsional	: Lektor Kepala
d. Jabatan Struktural	: Tidak ada
e. Fakultas/Program Studi	: Teknik / Teknik Mesin
f. Perguruan Tinggi	: Universitas Sebelas Maret
g. Bidang Keahlian	: Komposit
h. Waktu untuk Penelitian ini	: 5 jam/minggu

Lampiran 3. SINOPSIS RENCANA PENELITIAN SELANJUTNYA

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa bahan komposit serat nanas-nanasan – UPRs memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan menjadi produk panel serat alam. Namun, penelitian ini sebaiknya dilakukan analisis sifat fisis-mekanis yang lebih komprehensif, seperti sifat tarik, sefat lelah, sifat komposit sandwich-nya, dll. Dengan demikian, penelitian ini akan dilanjutkan dengan penelitian sifat sandwich komposit serat nanas-nanasan polyester.

Hasil-hasil penelitian mendasar tersebut di atas akan dijadikan sebagai acuan penyusunan proposal penelitian yang lebih aplikatif, seperi rekayasa panel komposit serat rami untuk berbagai komponen otomotif.

ARTIKEL
PENELITIAN DOSEN MUDA

STUDI OPTIMASI PENINGKATAN KEKUATAN BENDING & IMPAK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT NANAS-NANASAN (*BROMELIACEAE*) KONTINYU SEARAH

Oleh :

MUH. BUDI NUR RAHMAN, S.T.
TOTOK SUWANDA, S.T.,M.T.

DIBIAYAI PROYEK PENGKAJIAN DAN PENELITIAN ILMU PENGETAHUAN TERAPAN
DENGAN SURAT PENJANJIAN PELAKSANAAN PENELITIAN
NO: 188/SP3/PP/DP2M/II/2006 TANGGAL 1 PEBRUARI 2006
DIREKTORAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL RI

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2007

STUDI OPTIMASI PENINGKATAN KEKUATAN BENDING & IMPAK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT NANAS-NASAN (BROMELIACEAE) KONTINYU SEARAH

Muh. Budi Nur Rahman [1], Totok Suwanda [2], , Kuncoro Diharjo[3]
[1, 2]Dosen Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
[3]Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan *bending* dan kekuatan impak komposit berpenguat serat nanas-nanasan dengan variasi lama perlakuan alkali, variasi fraksi volume serat dan mengamati karakteristik penampang patah. Bahan yang digunakan adalah serat nanas-nanasan (*bromiliacea*), 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* (uji bending) dan ASTM D 5941 (uji impak izot). *Variabel* dalam penelitian ini adalah fraksi volume serat rencana sebesar 20-50% dan lama perendaman 0, 2, 4, 6 dan 8 jam. Visualisasi penampang patah ditampilkan dalam bentuk foto makro. Kekuatan *bending* dan regangan *bending* paling tinggi terjadi pada komposit berpenguat serat nanas-nanasan 6 jam perlakuan alkali sebesar 218.06 MPa dan sebesar 4.39% pada fraksi volume 34,96%. Modulus *bending* paling tinggi terjadi pada komposit berpenguat serat nanas-nanasan dengan 4 jam perendaman alkali sebesar 5,92 GPa. Nilai energi serap dan kekuatan impak komposit serat nanas-nanasan kontinyu dengan perlakuan alkali 2 jam, 4 jam dan 6 jam lebih besar dibandingkan dengan tanpa perlakuan alkali. Perlakuan alkali 6 jam menghasilkan kekuatan impak optimum sebesar 0,0055 j/mm^2 pada fraksi volume *real* 33,94 %. Penurunan nilai kekuatan impak terjadi pada 8 jam perlakuan alkali sebesar 0,0044 j/mm^2 pada fraksi volume *real* 32,48 %. Komposit berpenguat serat nanas-nanasan tanpa perlakuan alkali memiliki karakteristik penampang patah *fiber pull out*, sedangkan komposit berpenguat serat nanas-nanasan dengan perlakuan alkali memiliki karakteristik *fiber pull out* sangat sedikit.

Kata kunci: serat nanas-nanasan, *unsaturated polyester*, kekuatan bending, kekuatan impak, penampang patahan.

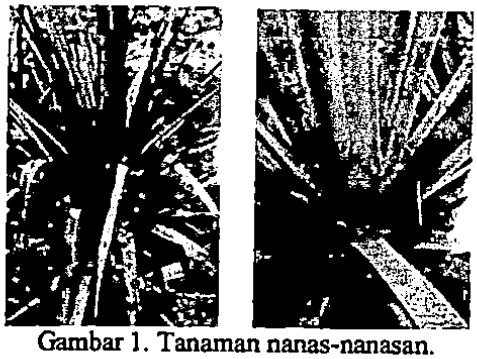
PENDAHULUAN

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.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh optimasi penambahan fraksi volume serat (Vf) terhadap peningkatan kekuatan bending dan impak 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 impak komposit nanas-nanasan-UPRs serta menyelidiki pengaruh karakteristik penampang patahan komposit.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengujian Kekuatan tarik, bending dan impak terhadap komposit dengan serat glass 3 layer dalam bentuk *chopped strand* dengan berat 300 gram/m^2 yang dilakukan oleh Yanuar dan Diharjo (2002) diperoleh kekuatan tarik 67.118 MPa, kekuatan bending 175,25 MPa dan Kekuatan impaknya 0,045 J mm^2.

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 kontinyu searah. Komposit, yang diperkuat serat kenaf kontinyu 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 kontinyu 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:

$$w_f = \frac{W_f}{W_C} \quad \text{.....(1)}$$

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 :

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

Regangan dapat dihitung dengan persamaan:

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

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

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

METODA 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 20 – 50%. 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 sepesimen

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 perpatahannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Kandungan Serat Terhadap Kekuatan Bending Komposit

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

Komposit serat nanas-nanasan cenderung mengalami kenaikan tegangan *bending* seiring dengan bertambahnya fraksi volume, disebabkan kekuatan serat yang mendominasi pada kekuatan komposit. Beban *bending* yang diterima ditahan oleh matrik yang kemudian diteruskan merata pada serat. Pada penelitian ini belum didapat fraksi volume maksimal, karena terlihat dari grafik masih terlihat naik.Komposit serat nanas-nanasan *polyester* mengalami kenaikan tegangan *bending* optimum terjadi pada perendaman alkali 6 jam sebesar 218,06 MPa, dan terendah pada perendaman alkali 4 jam yaitu 141,12 MPa.

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.

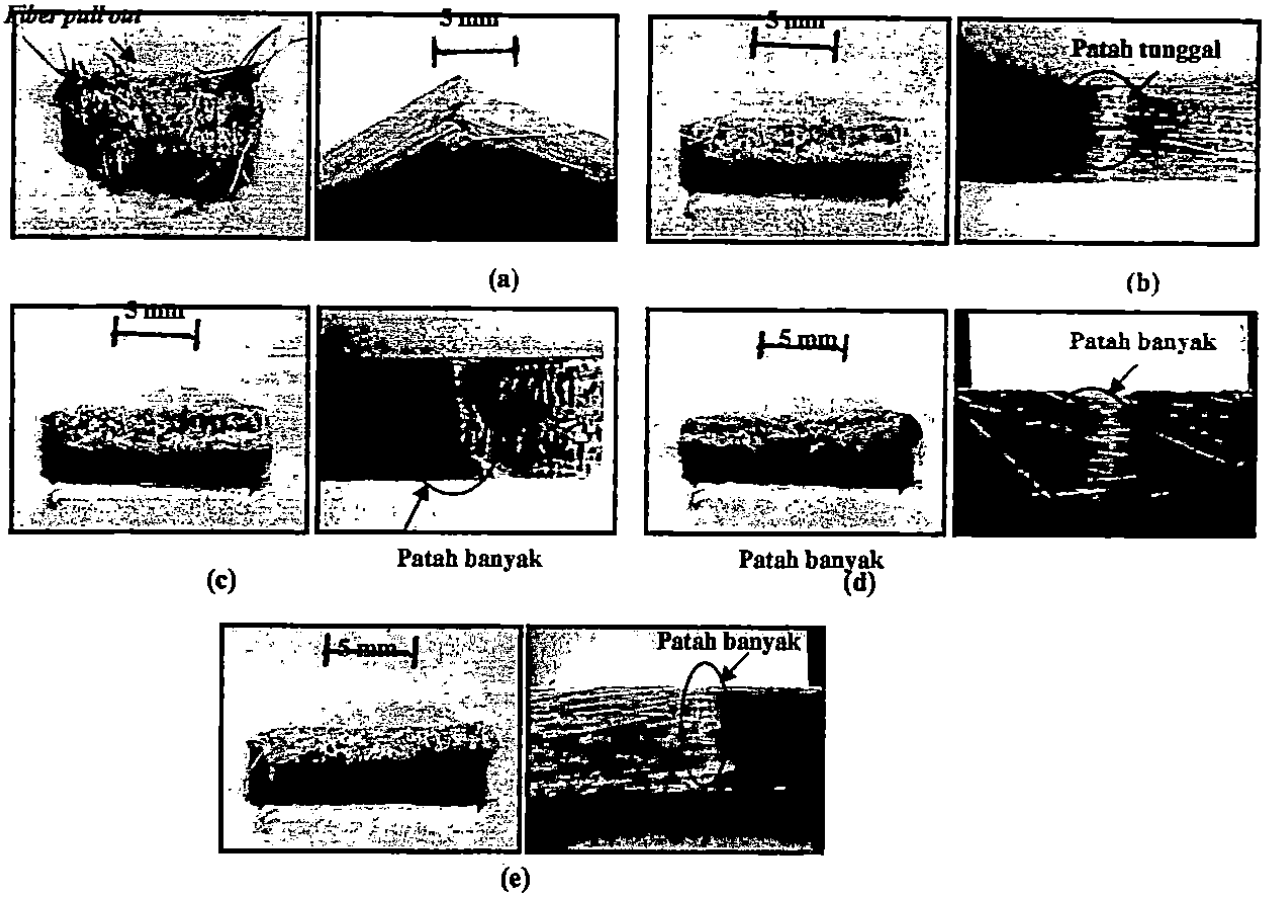
Kenaikan regangan *bending* rata-rata optimum dari semua perlakuan secara teknis terjadi pada 6 jam

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%.

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

a. Perbedaan diameter, semakin kecil diameter serat maka resin sebagai pengisi volume berfungsi dengan baik,sehingga serat akan semakin kuat terikat.
b. Terjadinya porositas, adanya porositas menyebabkan kekuatan komposit menurun.
c. 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.
d. Ketebalan komposit, ketebalan yang tidak sesuai dengan ketebalan rencana karena jumlah komosisi serat yang terlalu banyak.

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.



Gambar 5.7 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 5.5a), 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 5.5b, gambar 5.5c, gambar 5.5d dan gambar 5.5e) disebabkan serat semakin halus sehingga daya rekat resin dengan serat cukup baik namun untuk kekuatan kompositnya sangat rendah.

Foto makro penampang patahan pada kekuatan *bending* optimum yang terjadi pada perlakuan alkali 6 jam (gambar 5.5) terlihat patahan yang rata yang menunjukkan ikatan mtrik 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.

Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Bending Komposit

Tabel 5.3 Pengaruh lama perendaman alkali terhadap kekuatan bending komposit

	4,00	34,44	201,30	172,35	140,52	5,00	4,06	3,35	4,22	4,08	3,96
	4,17	34,90	219,63	198,39	164,92	5,16	4,72	3,94	4,10	4,07	4,00
	3,73	34,22	228,05	204,95	189,35	6,21	5,92	5,77	3,87	3,46	3,22
	4,40	34,96	244,17	218,06	180,30	5,07	4,77	4,28	4,69	4,39	4,10
	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. Hal ini terjadi karena lama perlakuan alkali menyebabkan terkikisnya lapisan luar serat (*lignin*) dan kotoran yang menempel. Namun pada 8 jam perendaman alkali disebabkan terlalu lama serat direndam mengakibatkan kekuatan dan kekakuan bahan berkurang.

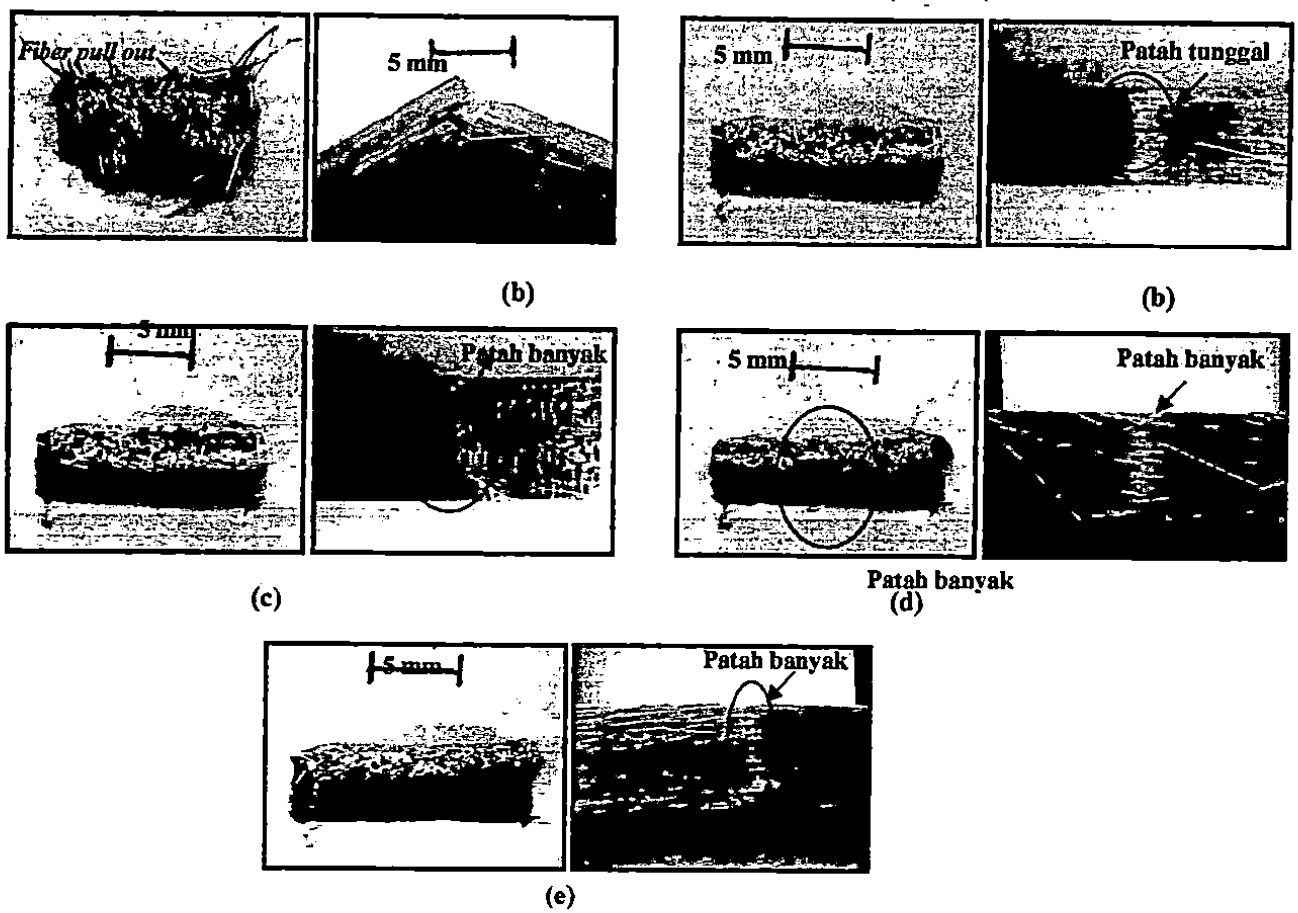
Modulus *bending* komposit berpenguat serat nanas-nanasan yang optimum terjadi pada pengujian spesimen 4 jam perlakuan alkali, sebenarnya kenaikan modulus *bending* sebanding dengan kekuatan *bending* semakin lama perlakuan alkali maka modulus elastisitasnya tinggi, namun pada 6 dan 8 jam dikarenakan 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.

Pengujian komposit berpenguat serat nanas-nanasan *polyester* mengalami kenaikan optimum pada perendaman 6 jam sebesar 4,39% dan turun drastis pada perlakuan alkali 4 jam sebesar 3,46%. Pada pengujian untuk regangan *bending* sebenarnya cenderung naik namun pada 4 jam perendaman alkali 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.

Pada pengamatan struktur makro dilakukan pengamatan pada penampang patahan dari benda uji. 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.

Kegagalan komposit pada pengujian *bending* dimulai dari bagian bawah akibat tegangan tarik. Kemampuan komposit pada perlakuan alkali 0 jam (gambar 5.7a), 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 5.76b, gambar 5.7c, gambar 5.7d dan gambar 5.7e) disebabkan serat semakin halus sehingga daya rekat resin dengan serat cukup baik namun untuk

Foto makro penampang patahan pada kekuatan *bending* optimum yang terjadi pada perlakuan alkali 6 jam (gambar 5.7) terlihat patahan yang rata yang menunjukkan ikatan mtrik 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 5.7 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%

Pengaruh Kandungan Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit

Tabel. 5.4. Energi patah dan kekuatan impak komposit berpenguat serat nanas-nanasan kontinyu searah tanpa perlakuan alkali.

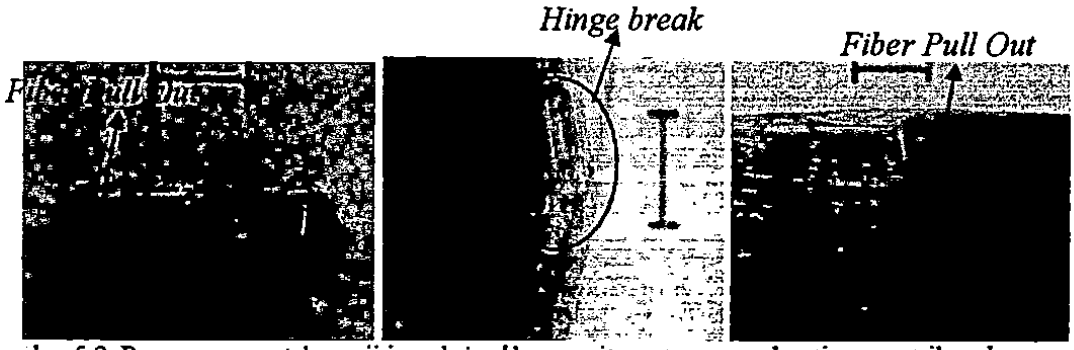
m_f (gram)	V_f (%)	Energi Patah (joule)			Kekuatan Impak (joule/mm^2)			Prosentase kenaikan (%)	
		Min	Rata-rata	Maks	Min	Rata-rata	Maks	Energi Patah	Kekuatan impak
13.32	21.76	0.13	0.13	0.13	0.0029	0.0030	0.0031	Acuan	acuan
19.98	26.38	0.17	0.18	0.19	0.0037	0.0037	0.0039	26.9	20.2
26.64	34.44	0.21	0.22	0.22	0.0043	0.0046	0.0047	16.1	18.0
33.30	39.85	0.23	0.23	0.23	0.0046	0.0046	0.0047	4.4	1.1

Energi patah meningkat secara linier seiring dengan peningkatan fraksi volume serat komposit serat nanas-nanasan – polyester, seperti pada gambar 5.8. Penambahan jumlah serat menyebabkan peningkatan ketahanan komposit terhadap beban kejut pendulum. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar komposit karena serat berfungsi sebagai penguat. Selama penguat masih diselat dengan baik oleh matrik, semakin besar kandungan serat semakin

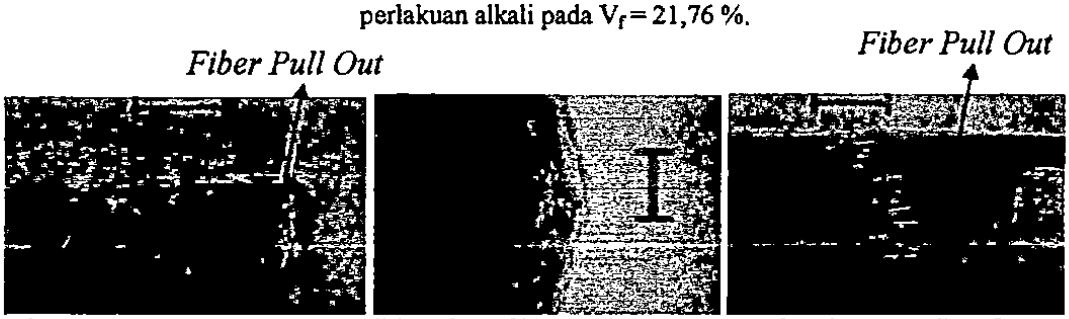
besar pula kekuatan kompositnya. Ketika serat terputus karena beban kejut, matrik akan meneruskan beban dari ujung serat yang putus ke serat lain yang belum putus.

Kekuatan impak juga meningkat secara linier seiring dengan penambahan fraksi volume serat. Nilai kekuatan impak dipengaruhi oleh nilai energi patah dan luas penampang komposit yang diuji. Perbedaan luas penampang, akibat kesulitan proses manufaktur ketika kandungan serat tinggi, menyebabkan perbedaan karakteristik kurva energi patah dan kekuatan impak komposit. Kekuatan impak komposit dengan kandungan serat 39.85% (v/v) tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan kekuatan impak komposit pada kandungan serat 34.44%. Namun, energi patahnya tetap menunjukkan peningkatan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan ketebalan sample uji yang sulit dikontrol ketika proses manufaktur berlangsung. Hasil ini menunjukkan bahwa kekuatan kekuatan impak komposit optimum pada kandungan serat sekitar 35%. Hal ini berlaku untuk proses manufaktur dengan metoda cetak tekan.

Analisis penampang patahan hasil uji impak *izod* komposit serat nanasan kontinyu-matrik *polyester* tanpa perlakuan alkali dilakukan pada fraksi volume serat terendah (21,76 %) dan fraksi volume serat tertinggi (39,85 %).



Gambar 5.9. Penampang patahan uji impak *izod* komposit serat nanasan kontinyu-matrik *polyester* tanpa perlakuan alkali pada $V_f = 21,76$ %.



Gambar 5.10. Penampang patahan uji impak *izod* komposit serat nanasan kontinyu-matrik *polyester* tanpa perlakuan alkali pada $V_f = 39.85$ %.

Karakteristik patahan komposit pada berbagai fraksi volume serat adalah *hinge break*, seperti pada gambar 5.9. 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.

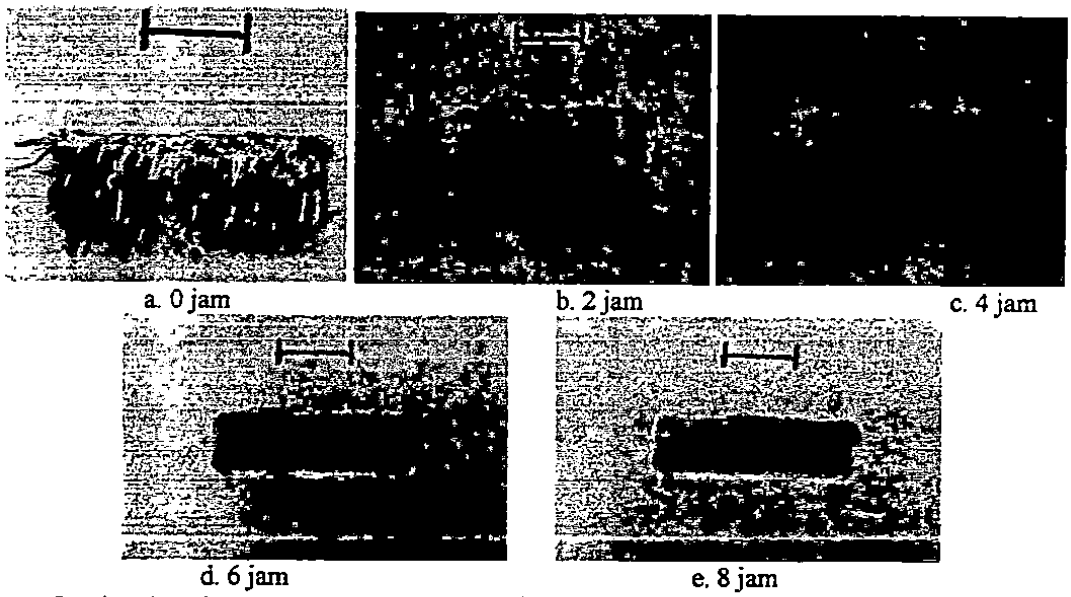
Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit

Tabel 5.6. Data hasil perhitungan pengujian impak komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan alkali.

Perlakuan Alkali (Jam)	V_f (%)	Energi Serap (Joule)	Kekuatan Impak (Joule/mm²)
0	33.44	0.21	0.0046
2	33.88	0.23	0.0046
4	33.22	0.25	0.0050
6	33.94	0.27	0.0055
8	32.48	0.20	0.0044

Pada pengujian komposit serat nanas-nanasan kontinyu terjadi kenaikan energi serap tertinggi pada perlakuan alkali 6 jam, seperti pada gambar 5.11. Hal ini mengindikasikan bahwa lapisan pelindung (lignin) dan kotoran-kotoran lain yang melekat pada serat sudah terlepas sehingga rekatan polyester dengan serat nanas-nanasan optimal dan menghasilkan energi serap tertinggi. Pada komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan alkali (5% NaOH) selama 0 jam, 2 jam dan 4 jam; energi serap dan kekuatan impak meningkatn seiring dengan lamanya perlakuan alkali dan mencapai harga tertinggi pada komposit berpenguat serat perlakuan alkali 6 jam. Selanjutnya, pada komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan alkali 8 jam terjadi penurunan nilai energi serap. Hal ini menunjukkan bahwa serat mengalami kerusakan seiring dengan semakin lamanya perlakuan alkali.

Kekuatan impak tertinggi juga terjadi pada komposit berpenguat serat perlakuan alkali 6 jam perlakuan alkali, yaitu sebesar 0,0055 J/mm^2. Kekuatan impak terendah terjadi pada komposit yang diperkuat serat nanas-nanasan dengan 8 jam perlakuan alkali, yaitu sebesar 0,0044 J/mm^2. Peningkatan kekuatan impak terjadi karena lapisan pelindung serat (lignin dan kotoran lainnya) dihilangkan oleh larutan alkali sehingga ikatan antara serat dengan matrik menjadi sangat kuat. Namun, penurunan kekuatan impak komposit pada perlakuan alkali selama 8 jam disebabkan oleh adanya kerusakan permukaan serat yang diakibatkan oleh perlakuan alkali yang terlalu lama. Jadi, serat mengalami degradasi kekuatan setelah mengalami perlakuan alkali selama 8 jam.



Gambar 5.12. Penampang patahan komposit uji impak *izod* tanpa dan dengan perlakuan alkali pada fraksi volume serat sekitar 34 %.

Kegagalan semua material komposit adalah *hinge break*, dimana patahan yang terjadi adalah menggantung (tidak lepas). Pada 0 jam perlakuan alkali, serat tercabut dari matrik akibat beban impak. Hal ini mengindikasikan lemahnya ikatan matrik terhadap serat karena adanya lapisan *lignin* yang masih melekat pada permukaan serat.

Semakin lama perlakuan alkali serat, semakin sedikit jumlah serat yang mengalami kegagalan *fiber pull out*. Pada perlakuan alkali 6 jam, Jumlah serat yang tercabut saat dilakukan pengujian sangat sedikit. Hal ini mengindikasikan pada perlakuan alkali 6 jam lapisan pelindung pada serat sudah terkikis sempurna sehingga terjadi peningkatan daya rekat optimal serat terhadap matrik. Dengan perlakuan alkali 6 jam didapatkan energi serap dan kekuatan impak paling optimal. Pada 8 jam perlakuan alkali lapisan pelindung pada serat sudah terkikis sempurna, tetapi serat mengalami kerusakan akibat terlalu lamanya perlakuan alkali. Akibatnya, kekuatan kompositnya cuc

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Komposit berpenguat serat nanas-nanasan dengan matrik *poyester* menghasilkan tegangan dan regangan *bending* optimum terjadi pada perlakuan alkali 6 jam yaitu 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%.
2. Nilai energi serap dan kekuatan impak komposit serat nanas-nanasan kontinyu dengan perlakuan alkali 2 jam, 4 jam dan 6 jam lebih besar dibandingkan dengan tanpa perlakuan alkali. Perlakuan alkali 6 jam menghasilkan kekuatan impak optimum sebesar 0,0055 j/mm^2 pada fraksi volume *real* 33,94 %. Penurunan nilai kekuatan impak terjadi pada 8 jam perlakuan alkali sebesar 0,0044 j/mm^2 pada fraksi volume *real* 32,48 %.
3. Karakteristik hasil foto makro pada penampang patahan komposit 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 8 jam perlakuan alkali adalah jenis *hinge break*. Seiring dengan lamanya perlakuan alkali, serat yang tercabut pada patahan makin sedikit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan kepada DP2M DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Penelitian Dosen Muda. Selain itu, terima kasih yang tulus juga kami sampaikan kepada **Fadli B. Dharma, S.T.** dan **Dwi Fursodik, S.T.** yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM, 2003. "*Annual Book of ASTM Standa, ASTM D 790 & ASTM D 5941*", Section 4, Vol. 04.06, ASTM, West Conshohocken, E-1050-90.

Diharjo K., Soekrisno, Triyono dan Abdullah G., (2002-2003). "*Rancang bangun Dinding Kereta Api Dengan Komposit Sandwich Serat gelas*", Penelitian Hibah Bersaing X, DIKTI, Jakarta.

Diharjo K. dan Nurhidayat A., (2004). "*Teknik Penguatan Komposit Serta Karung Plastik Berlubang*", Penelitian Dosen Muda, DIKTI, Jakarta.

George J., Janardhan R., Anand J.S., Bhagawan S.S. dan Thomas S., 1996. "*Melt Rheological behavior of Short Pineapple Fibre Reinforced Low Density Polyethylene Composites*", Journal of Polymer, Volume 37, No. 24, Gret Brittain.

Gibson, O. F., 1994. "*Principle of Composite Materials Mechanics*", McGraw-Hill Inc., New York, USA.

Jones, R. M., 1975. "*Mechanics of Composite Materials*", Scripta Book Company, Washington D.C., USA.

Karnani R., Krishnan M., dan Narayan R., 1987. "*Biofiber Reinforced Polypropylene Composites*", Reprinted from Polymer Engineering and Science, Vo. 37. No.2.

Kaw A.K., 1997. "*Mechanics of Composite materials*", CRC Press, New York.

Nuri S.H., Suwanda T., Diharjo K., dan Amin S., Kajian Komprehensif Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Nanas-Nanasan (*Bromeliaceae*), PDM, Dikti, Jakarta, 2006.

Ray D., Sarkar B.K., Rana A.K., dan 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.

Roe P.J. dan Ansel M.P., 1985. "*Jute-reinforced polyester Composites*", Journal of Materials Science 20, pp. 4015-4020, UK.

Rowell R.M., Sanadi A., Jacobson R. dan Caufield D., 1999. "*Properties of kenaf Polypropylene Composites*", Processing and Product, Mississippi State university, Ag. & Bio Engineering. pp 381-392. ISBN 0-9670559-0-3. Chapter 32.

Sanadi A.r., Prasad S.V. dan Rohatgi P.K., 1986. "*Sunhemp Fibre-Reinforced Polyester*", Journal of Materials Science 21, pp. 4299-4304, UK.

Shackelford, 1992. "*Introduction to Materials cience for Engineer*", Third Edition, MacMillan Publishing Company, New York, USA.

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. Riset tersebut bagian dari Penelitian HB X oleh Diharjo K., Soekrisno, Triyono dan Abdullah G., (2002-2003) dengan judul "*Rancang bangun Dinding Kereta Api Dengan Komposit Sandwich Serat gelas*", Penelitian Hibah Bersaing X, DIKTI, Jakarta.