

PENGARUH SIKLUS THERMAL PADA REKAYASA BAHAN KOMPOSIT SANDWICH BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN CORE SEKAM PADI UNTUK PANEL OTOMOTIF

Agus Hariyanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

E-mail : agus.hariyanto @ums.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini menyelidiki pengaruh siklus termal terhadap kekuatan bending panel komposit sandwich hasil optimasi penelitian tahun sebelumnya, yaitu tebal core 10 mm dan tebal skin 2 mm dengan V_f komposit skin dan core sebesar 40%. Manufaktur core SP-UF dilakukan dengan cetak tekan, sedangkan komposit skin serat rami-UPRs dan komposit sandwich dilakukan juga dengan cetak tekan. Pengujian fisis-mekanis komposit sandwich (bending dan foto makro) dilakukan sebagai tahap optimasi. Komposit sandwich diteliti dengan ketebalan skin 2 mm dan core 10 mm. Perlakuan panel komposit sandwich dengan siklus thermal pada variasi temperatur 75 °C, 125 °C, 175 °C dan jumlah siklus 25x, 75x, dan 125x, serta tanpa perlakuan digunakan sebagai kontrol pengujian untuk mengetahui fenomena sebelum dan sesudah perlakuan. Optimasi komposit sandwich dilakukan dengan pengujian Bending (ASTM C-393) dan foto makro. Hasil pengujian bending pada komposit sandwich yang telah mengalami perlakuan siklus thermal. Secara umum, tegangan bending komposit sandwich mengalami penurunan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dan siklus. Pada temperatur ruang 35⁰C dengan siklus 0x sebagai pembanding. Pada temperatur ruang 75⁰C dengan siklus 25x; 75x; dan 125x berturut-turut mengalami penurunan kekuatan bending. Pada temperatur ruang 125⁰C dengan siklus 25x; 75x; dan 125x berturut-turut mengalami kekuatan bending yang fluktuatif. Pada temperatur ruang 175⁰C dengan siklus 25x; 75x; dan 125x berturut-turut mengalami penurunan kekuatan bending. Defleksi bending komposit sandwich mengalami peningkatan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dan peningkatan siklus. Pengaruh kegagalan delaminasi semakin besar.. Aplikasi dari penelitian ini berupa produk panel sandwich interior/exterior kereta api komersial, mobil/otomotif, kapal, panel rumah/gedung

Kata Kunci: komposit sandwich; bending, temperatur; siklus

Pendahuluan

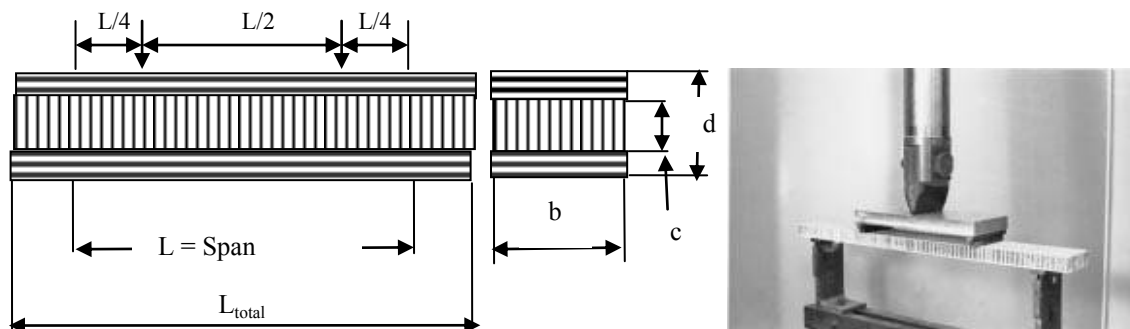
Penggunaan bahan komposit sebagai alternatif pengganti bahan logam dalam bidang rekayasa sudah semakin meluas, yang tidak hanya sebagai *plafon/panel* di bidang arsitektur, bangunan gedung dan properti tetapi juga merambah pada bidang lainnya seperti transportasi. Hal ini dikarenakan oleh adanya keuntungan penggunaan bahan komposit seperti konstruksi menjadi lebih ringan, tahan korosi dan kekuatannya dapat didesain sesuai dengan arah pembebanan. Fokus pemilihan bahan yang tepat untuk suatu konstruksi menuntut sebuah kepastian tentang material penyusun yang tepat pula. Tuntutan fungsi panel saat ini tidaklah hanya sebatas kekuatan mekanik saja, tetapi juga sifat fisisnya. Penggunaan kembali serat alam, dipicu oleh adanya regulasi tentang persyaratan habis pakai (*end of life*) produk komponen properti bagi negara-negara Uni Eropa dan sebagian Asia. Bahkan sejak tahun 2006, negara-negara Uni Eropa telah mendaur ulang 80% komponen properti otomotif, dan akan meningkat menjadi 85% pada tahun 2015. Di Asia khususnya di Jepang, sekitar 88% komponen otomotif telah di daur ulang pada tahun 2005 dan akan meningkat pada tahun 2015 menjadi 95%. Pengembangan teknologi komposit berpenguat serat alam sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk menggali potensi *local genius* yang ada. Hal ini tentu akan mampu meningkatkan pemberdayaan sumber daya alam lokal yang dapat diperbaharui (*Jamasri, 2008*). Lebih lanjut lagi, perkembangan teknologi komposit pun mengalami perkembangan yang sangat dinamis dan cepat. Saat ini material penguat komposit mengalami pergeseran dari penggunaan serat sintetis menuju serat alam. Hal ini disebabkan oleh adanya efek limbah serat sintetis yang tidak dapat terurai secara alami. Indonesia dengan masyarakat sebagian besar mata pencaharian bertani mampu menghasilkan limbah sekam padi yang sangat melimpah, dari data statistik jumlah limbah sekam padi di Indonesia pada tahun 2007 berkisar 10,28 juta ton. Begitu pula, serat rami (*Boehmeria Nivea*) juga berlimpah, seperti di daerah Koppontren Darussalam Garut Jawa Barat. Dengan melimpahnya bahan baku tersebut, maka sebagai solusi kreatif adalah dengan memanfaatkan sekam padi menjadi produk *core* dan serat rami menjadi produk komposit.

Bahan Dan Metoda Penelitian

Bahan utama penelitian adalah serat ramie acak *density* 1,6 gr/cm³ dan sekam padi dengan *density* 0,85 gr/cm³, *resin unsaturated polyester 157 BQTN (UPRs)*, *hardener* yang digunakan adalah *MEKPO* dengan konsentrasi 1% dan *urea formaldehyde* yang digunakan adalah tipe *UF181(UF)* dan *hardener HU12* dengan konsentrasi 1% dan *adhesive epoxy resin* dan *epoxy hardener* dengan rasio 1:1 dengan *density* 0,5 ml/cm². Pembuatan komposit *sandwich* dilakukan dengan metode cetak tekan hidrolis (*press mold*) yang dikontrol dengan ketebalan komposit *sandwich* saat pencetakan.

Komposit *sandwich* tersusun terdiri dari dua *skin* (komposit) dengan *core* ditengahnya. Komposit sebagai *skin* terdiri dari serat rami acak bermatrik *polyester*. Fraksi volume serat komposit sebagai *skin* adalah 40% dengan ketebalan *skin* 2 mm. *Core* yang digunakan adalah komposit berpenguat sekam padi bermatrik *urea formaldehyde*. Fraksi volume penguat *core* sebesar 40% dengan ketebalan *core* 10 mm. Komposit *sandwich* yang sudah dicetak dipotong-potong menjadi spesimen. Sebelum pengujian bending pada komposit *sandwich* yang telah mengalami perlakuan siklus thermal. Pada temperatur ruang 35⁰C dengan siklus 0x sebagai pembanding. Pada temperatur ruang 75⁰C dengan siklus 25x; 75x; dan125x. Pada temperatur ruang 125⁰C dengan siklus 25x; 75x; dan125x. Pada temperatur ruang 175⁰C dengan siklus 25x; 75x; dan125x.

Pengujian bending dilakukan dengan *four point bending method*, seperti ditunjukkan pada gambar 1. Spesimen dan metode pengujiannya mengacu pada standar ASTM C 393. Penampang patahan spesimen uji dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.



Gambar 1. Pengujian bending spesimen.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung pengujian bending adalah ASTM C-393 :

$$M_{max} = \frac{P}{2} \times \frac{L}{4} \tag{1}$$

$$\sigma_{b_{max}} = \frac{M.z}{EI} (E_f + E_c) \tag{2}$$

Hasil Dan Pembahasan

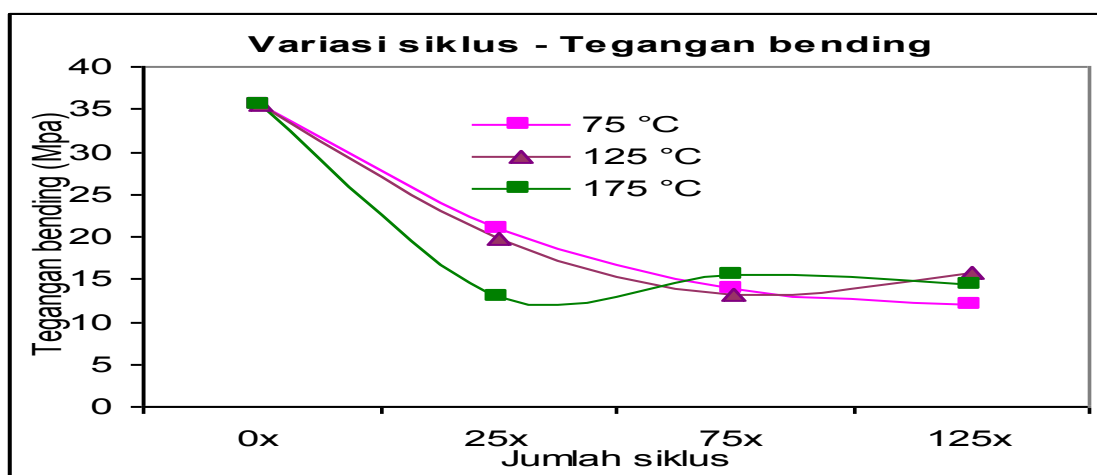
Analisis Pengaruh Siklus Thermal Pada Kekuatan Bending.

Tabel 1. Hasil pengujian bending komposit sandwich dengan pengaruh siklus thermal.

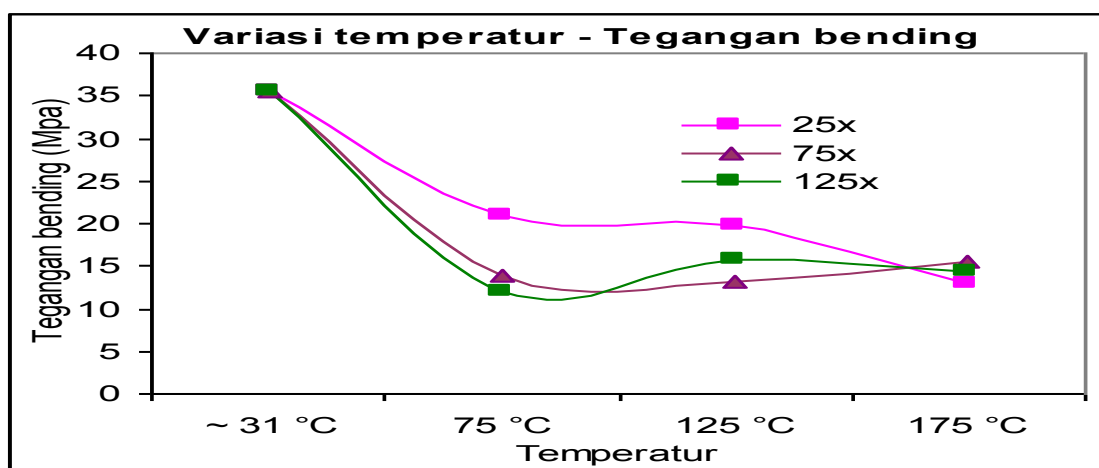
Variasi Siklus	Sifat Mekanis	Variasi temperatur											
		T-ruang (~ 31 °C)			75 °C			125 °C			175 °C		
		min.	maks.	rata-rata	min.	maks.	rata-rata	min.	maks.	rata-rata	min.	maks.	rata-rata
0x	Defleksi maks. (mm)	3.5	8.3	6.0									
	Momen maks. (N.mm)	57.4	128	93.7									
	Teg. Bending (MPa)	21.7	48.6	35.5									

25x	Defleksi maks. (mm)		7.7	9.3	8.7	6.2	10.1	8.4	8.2	9.6	8.8
	Momen maks. (N.mm)		55.2	55.2	55.2	30.2	91.6	52.5	27.8	38.6	34.2
	Teg. Bending (MPa)		20.9	20.9	20.9	11.4	34.7	19.9	10.5	14.6	35.5
75x	Defleksi maks. (mm)		5.3	10.0	8.1	5.9	12.8	9.8	2.7	11.3	6.6
	Momen maks. (N.mm)		30.7	40.7	36.5	27.0	47.8	34.6	37.0	37.0	37.0
	Teg. Bending (MPa)		11.6	15.4	13.8	10.2	18.1	13.1	27.2	27.2	27.2
125x	Defleksi maks. (mm)		6.7	11.2	9.2	5.9	12.4	9.1	5.7	11.1	7.8
	Momen maks. (N.mm)		29.5	33.9	31.4	33.0	55.0	41.7	27.0	27.0	27.0
	Teg. Bending (MPa)		11.2	12.8	11.9	12.5	20.8	15.8	14.3	14.3	14.3

Secara umum, tegangan *bending* komposit *sandwich* mengalami penurunan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur siklus panas, seperti ditunjukkan pada gambar 2 (a) & (b). Hal ini disebabkan karena pengaruh siklus panas menyebabkan sifat penguat serat rami semakin rapuh. Penyebabnya karena terjadi penguapan air terikat di dalam sel selulosa serat melalui bidang kontak antar serat hingga ke permukaan komposit. Penguapan air terikat tersebut menjadi lebih besar karena hilangnya lapisan lignin pada serat rami saat dikenai perlakuan alkali (NaOH), karena perlakuan alkali (NaOH) dapat mengubah topografi penampang serat dan dapat membuat komponen serat hemiselulosa dan lignin menjadi hilang atau terkikis. Indikasi semakin rapuhnya serat seiring dengan bertambah besarnya temperatur siklus panas didukung oleh adanya beberapa fakta, yaitu (1) penurunan kekuatan *bending* komposit *sandwich* disetiap peningkatan suhu siklus panas (2) tidak ditemukan kegagalan *fiber pull out*, ini membuktikan bahwa serat bersifat getas.



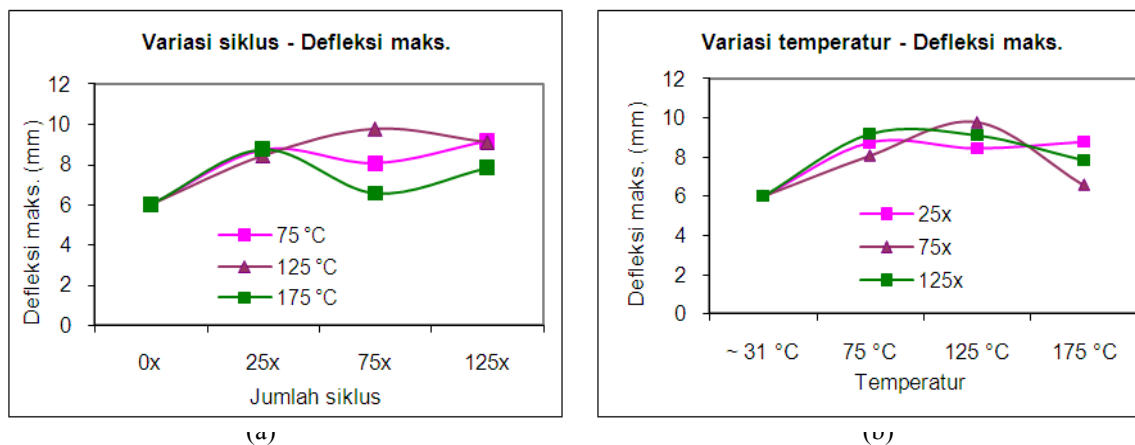
Gambar 2 (a) : Grafik pengaruh siklus thermal terhadap kekuatan bending komposit *sandwich*.



Gambar 2 (b) : Grafik pengaruh temperature terhadap kekuatan bending komposit sandwich.

Siklus panas juga menyebabkan bahan *core* sekam padi dengan pengikat bahan *urea formaldehyde* mengalami penurunan kekuatan, seperti sifat polimer lainnya salah satu kelemahan bahan polimer adalah tidak tahan panas, hal ini disebabkan apabila temperatur berubah, pergerakan molekul karena peningkatan suhu akan mengubah kumpulan molekul atau struktur molekul tersebut. Selanjutnya karena panas oksigen dan air bersama-sama, memancing reaksi kimia pada molekul-molekul, terjadilah depolimerisasi, oksidasi, hidrolisasi, hal itulah yang akan mempengaruhi kekuatan mekanik bahan polimer (Surdia 2000). Pengaruh banyaknya jumlah siklus terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich* yaitu dengan meningkatnya jumlah siklus panas akan mengakibatkan penurunan rata-rata nilai keelastisitan komposit *sandwich*, hal ini menunjukkan bahwa komposit *sandwich* memiliki sifat lebih getas seiring dengan peningkatan jumlah siklus panas.

Hubungan antara besarnya kekuatan bending dengan perlakuan variasi jumlah siklus dan variasi temperatur sangatlah erat. Hal ini menunjukkan berlakunya suatu kondisi bahwa perlakuan siklus thermal konstan dengan jumlah siklus tinggi, akan menurunkan kekuatan komposit *sandwich*, begitu juga sebaliknya perlakuan jumlah siklus konstan pada temperature tinggi juga akan menurunkan kekuatan komposit *sandwich*.



Gambar 3(a) & (b) : Grafik pengaruh siklus thermal terhadap defleksi maksimum komposit sandwich.

Pada gambar 3(a)&(b), menunjukkan batas kemampuan komposit *sandwich* pada defleksi maksimum. Hal ini mengindikasikan bahwa pada temperatur diatas 75 °C defleski yang terjadi rata-rata adalah konstan, yang disebabkan pada suhu tersebut pengikat atau matrik *UF* maupun resin *polyester* sudah mengalami distorsi terhadap sifat mekanisnya.

3.2. Analisis Pola Kegagalan Bending

Berbagai jenis kegagalan dari hasil pengujian bending yaitu terjadinya retak rambut pada *core*, patah tunggal dan patas pada berbagai area.



Gambar 4a. Spesimen Kontrol Tanpa Perlakuan



Gambar 4b. Siklus thermal 175°C/125x



Gambar 4c.. Siklus thermal 175°C/75x



Gambar 4d. Siklus thermal 175°C/25x



Gambar 4e. Siklus thermal 125°C/125x



Gambar 4f. Siklus thermal 125°C/75x



Gambar 4g. Siklus thermal 125°C/25x



Gambar 4h. Siklus thermal 75°C/125x



Gambar 4i. Siklus thermal 75°C/75x



Gambar 4j. Siklus thermal 75°C/25x

Dari hasil pengamatan foto makro seperti yang terlihat pada gambar diatas , umumnya awal patahan terjadi pada bagian *skin* bawah, hal ini disebabkan karena komposit *sandwich* mendapat tegangan tarik sehingga *skin* bagian bawah tak mampu menahan beban tarik tersebut. Pada gambar 4 dapat diamati bahwa kegagalan yang terjadi berawal dari bagian *skin* bawah dan kemudian diikuti kegagalan pada *core* karena tidak mampu menerima beban geser saat pembebanan bending dilakukan. Pada perlakuan temperatur siklus sebesar 75 °C mengakibatkan ikatan *adhesive* antara *skin* dan *core* menjadi lemah, sehingga ketika pembebanan bending diberikan terjadi kegagalan delaminasi pada spesimen uji.

Kegagalan delaminasi pada struktur *sandwich* diakibatkan oleh ketidaksempurnaan ikatan *adhesive* antara *skin* dan *core*, dalam penelitian ini delaminasi diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah (1) perlakuan variasi suhu siklus yang diberikan, (2) proses permesinan komposit *sandwich* (pemotongan komposit *sandwich*) dan (3) kurang ketelitian proses manufaktur cetak tekan secara manual. Suhu siklus panas dapat mengakibatkan rusaknya ikatan *adhesive* pada komposit *sandwich*, sehingga ketika pembebanan bending dilakukan terjadi tegangan geser antara permukaan *core* dan *skin*, karena rusaknya ikatan *adhesive* komposit *sandwich* tidak mampu menahan beban geser sehingga terjadi delaminasi.

Faktor berikutnya disebabkan oleh proses permesinan pada komposit yaitu pada tahapan pemotongan spesimen dengan gerinda potong, dapat diamati pada gambar 4. Hal ini diprediksi menjadi penyebab awal terjadinya kegagalan delaminasi karena proses pemotongan komposit *sandwich* menyebabkan gesekan dan getaran yang berasal dari putaran mata gerinda potong, sehingga mengakibatkan ikatan *adhesive* antara *skin* dan *core* menjadi menurun, terlebih pada bagian sisi samping komposit *sandwich* yang mengalami gesekan dan kontak langsung dengan mata gerinda, hal ini diperkuat dengan fenomena kegagalan delaminasi yang terjadi pada bagian sisi samping spesimen komposit *sandwich* saat perlakuan siklus panas berlangsung (sebelum terjadi pembebanan *bending*).

Saat perlakuan siklus panas delaminasi awal tersebut berkembang menjadi semakin besar seiring dengan bertambahnya jumlah siklus dan temperatur siklus panas yang diberikan. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa pengaruh siklus panas mampu menyebabkan tingkat pertumbuhan kegagalan delaminasi semakin besar. Perlakuan

siklus panas juga menyebabkan kekuatan bahan matrik *skin* yaitu resin *unsaturated polyester* menurun sehingga menyebabkan keelastisitasan komposit menjadi menurun pula, hal ini akan menyebabkan patah getas pada spesimen uji setelah dikenai beban bending. Perlakuan siklus panas juga menyebabkan rusaknya ikatan bahan penyusun *core* yaitu antara *urea formaldehyde* dengan sekam padi.

Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian tersebut maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proses manufaktur panel komposit sandwich yang telah dilakukan berdasarkan hasil optimasi yaitu tebal *core* 10 mm dan tebal *skin* 2 mm dengan V_f komposit *skin* dan *core* sebesar 40%.
2. Tegangan bending komposit *sandwich* mengalami penurunan secara signifikan bersamaan dengan temperatur dan peningkatan siklus
3. Defleksi bending komposit *sandwich* mengalami peningkatan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dan peningkatan siklus
4. Pengaruh peningkatan temperatur dan peningkatan siklus mampu menyebabkan tingkat pertumbuhan kegagalan delaminasi semakin besar.

Notasi Persamaan

E_c : modulus bending composite (MPa)	M_{max} : momen bending maximum(N-mm)
E_f : modulus bending fiber (MPa)	M : momen bending (N-mm)
E : modulus bending (MPa)	P : beban bending(N)
I : momen inersia (mm ⁴)	z : Jarak 0,5 tinggi <i>skin</i> terhadap titik acuan sumbu netral (mm)
L : panjang span (mm)	$\sigma_{b\ max}$: tegangan <i>bending</i> maximum (MPa)

Daftar Pustaka

Allen, H.G., (1969), *Analysis and Design of Structural Sandwich Panels*, Pergamon press.

Anonim, (1994). "Annual Book of Standards, Section 15, C 393-94, Standard Test Methods for Flexural Properties of Sandwich Constructions", ASTM.

Anonim. (2003). "DIAB Sandwich Handbook" <http://www.diabgroup.com>, (3 Sptember 2008, jam 15.30 WIB)

Anonim, (2001), *Technical data Sheet* , Jakarta: PT Justus Sakti Raya Corporation.

Eichorn, S.J., Zafeiropoulus, C.A.B.N., Ansel, L.Y.M.M.P., Entwistle, K.M., Escamilla, P.J.H.F.G.C., Groom,L, Hill, M.H.C., Rials, T.G. and Wild, P.M., (2001), *Review Current International Research into Cellulosic Fibers and Composites, Journal of Materials Science*, Vol. 36, pp. 2107-2131

Hara, et all, 1986), "Utilization of Agrowastes for Building Materials", International Research and Development Cooperation Division, AIST, MITI, Japan.

Jamasri, (2008), *Prospek Pengembangan Komposit Serat Alam Di Indonesia, Pengukuhan Jabatan Guru besar, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada*

Rahmarestia, dkk., (2006). "Analisis Penggunaan Sumber Energi Biomassa di Bidang Pertanian" Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, litbang, deptan, Jakarta.