

REKAYASA BAHAN KOMPOSIT SANDWICH DENGAN CORE HYBRID DAN MANUFAKTUR UNTUK PANEL

Agus Hariyanto¹, Ajab Wicaksono²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: agus.hariyanto@ums.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh ketebalan dan fraksi berat core hybrid terhadap peningkatan kekuatan bending komposit sandwich. Skin berpenguat aluminium (al-cu-zn) dengan ketebalan plat 1mm, dengan core hybrid berpenguat sekam padi dan serbuk bata hebel bermatrix semen hebel. Pola kegagalannya diamati dengan photo makro.

Bahan utama penelitian adalah sekam padi dan serbuk bata hebel pada mesh 20 dengan semen hebel untuk bahan core. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan hidrolis. Komposit sandwich tersusun terdiri dari dua skin (lamina aluminium) dengan core ditengahnya. Lamina aluminium sebagai skin terdiri dari aluminium (Al-Cu-Zn) dengan ketebalan plat 1mm, dan sebagai core hybrid dengan fraksi berat penguat $W_t=30\%$ dan $W_t=50\%$. Core menggunakan sekam padi dan serbuk bata hebel. Core yang digunakan ada 3 macam variasi ketebalan yaitu 5, 15 dan 25 mm. Spesimen dan prosedur pengujian bending mengacu pada standart ASTM C 393. Penampang patahan dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan menahan momen bending komposit sandwich dengan core hybrid meningkat seiring dengan penambahan ketebalan core hybrid pada komposit sandwich. Kekuatan bending komposit sandwich menurun seiring dengan penambahan ketebalan dan fraksi berat penguat pada core hybrid. Tegangan (kekuatan) bending komposit sandwich memiliki harga yang paling optimum pada ketebalan core hybrid 5 mm pada fraksi berat penguat $W_t=30\%$. Tahapan pola kegagalan komposit sandwich adalah kegagalan tarik skin komposit sisi bawah, kegagalan geser core hybrid, delaminasi skin komposit sisi atas dengan core hybrid, kegagalan skin komposit sisi atas.

Kata Kunci: komposit sandwich; kekuatan bending; pola kegagalan; tebal core hybrid.

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 (Jamasri, 2008). 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% (Allen, H.G., 1969). 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 (Hara, et-all, 1986). Lebih lanjut lagi, perkembangan teknologi komposit pun mengalami perkembangan yang sangat dinamis dan cepat (Anonim, 2003). 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 (Eichorn, S.J., 2001). Indonesia dengan masyarakat sebagian besar mata pencaharian bertani mampu menghasilkan sekam padi dan bahan tambang serbuk bata hebel yang sangat

melimpah(Hara, et-all, 1986). Dengan melimpahnya bahan baku sekam padi dan bahan tambang serbuk bata hebel tersebut, maka sebagai solusi kreatif adalah dengan memanfaatkannya menjadi produk *core hybrid* yang pada akhirnya menjadi produk komposit *sandwich*.

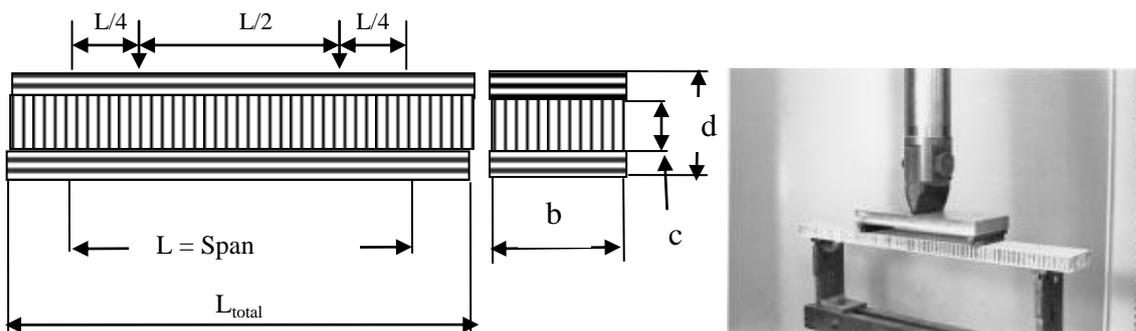
Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penggunaan sekam padi dan bahan tambang serbuk bata hebel sebagai bahan komposit *sandwich* merupakan solusi kreatif untuk mendukung perkembangan teknologi komposit yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh ketebalan dan fraksi berat penguat pada *core hybrid* terhadap peningkatan kekuatan bending komposit *sandwich*. *Skin* aluminium (Al-Cu-Zn) dengan ketebalan plat 1mm, *core hybrid* bermatrik semen hebel dengan penguat sekam padi dan serbuk bata hebel. Pola kegagalannya diamati dengan photo makro.

Bahan dan Metoda Penelitian

Bahan utama penelitian adalah aluminium (Al-Cu-Zn) dengan ketebalan plat 1mm dengan *density* 2,7 gr/cm³, *core hybrid* sekam padi dengan *density* 0,125 gr/cm³, serbuk bata hebel dengan *density* 0,692 gr/cm³, bermatrik semen hebel dengan *density* 1,4 gr/cm³ dan *adhesive Aica Aibon* dengan *rasio* 0,5 kg/m². Pembuatan komposit *sandwich* dilakukan dengan metode *press mold hidrolic*. Fraksi berat penguat pada *core hybrid* ditentukan 30% dan 50% yang dikontrol dengan ketebalan *core hybrid* saat pencetakan.

Komposit *sandwich* tersusun dari *skin* dua lamina aluminium (Al-Cu-Zn) dengan ketebalan 1mm dengan *core hybrid* di bagian tengahnya. Lamina *skin* aluminium tersusun dari 2 lamina dengan ketebalan 1mm. *Core hybrid* tersusun dari matrik semen hebel dengan penguat sekam padi dan serbuk bata hebel pada fraksi berat penguat 30% dan 50%. Ketebalan *core hybrid* divariasasi 5, 15, dan 25mm. Komposit *sandwich* yang sudah dicetak dipotong-potong menjadi spesimen uji.

Pengujian bending dilakukan dengan *four point bending method*, seperti ditunjukkan pada gambar 1. Spesimen dan metode pengujiannya mengacu pada standar *ASTM C 393* (Anonim, 1994). Penampang patahan spesimen uji dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.



Gambar 1. Pengujian bending spesimen uji.

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

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

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

$$D = EI = E_f \frac{bt_f d^2}{2} + E_c \frac{bt_c^3}{12} \tag{3}$$

$$\sigma_{b_{facing}} = \frac{PL}{4t(d+c)b} \tag{4}$$

$$\tau_{core} = \frac{P}{(d+c)b} \tag{5}$$

**Hasil dan Pembahasan
Analisis Kekuatan Bending**

Tabel . Hasil pengujian bending komposit *sandwich*.

Komposit Sandwich, Core Wt = 30%					
Tebal Core (c) mm	Average Bending Moment (M) N.m	Average Bending Strength (σ_b) MPa	Average Facing Strength ($\sigma_{b\ facing}$) MPa	Average Core Shear Strength (τ_{core}) MPa	Average Flexural Rigidity; (D) N.m ²
5	9,5	12,6	17,14	0,23	81,41
15	11,7	2,65	7,97	0,11	65,64
25	13,08	1,17	5,47	0,07	58,86

Komposit Sandwich, Core Wt = 50%					
Tebal Core (c) mm	Average Bending Moment (M) N.m	Average Bending Strength (σ_b) MPa	Average Facing Strength ($\sigma_{b\ facing}$) MPa	Average Core Shear Strength (τ_{core}) MPa	Average Flexural Rigidity; (D) N.m ²
5	7,15	9,53	12,96	0,17	107,61
15	8,5	1,93	5,80	0,08	90,24
25	9,7	0,87	4,05	0,05	79,45

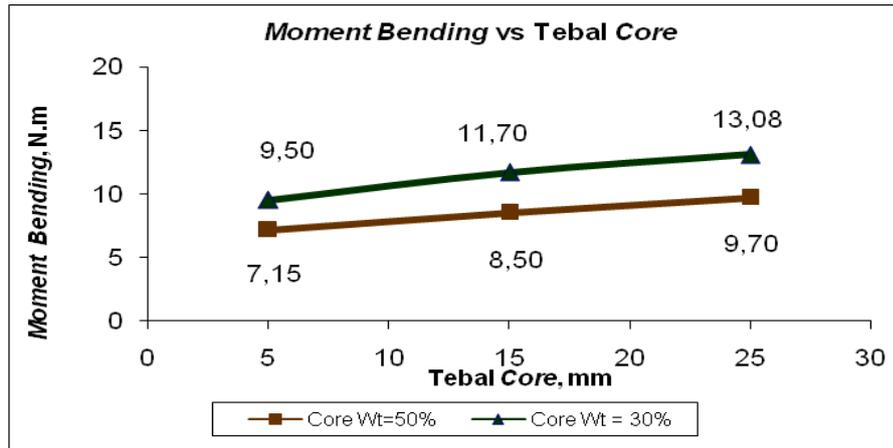
Komposit *sandwich* yang diperkuat aluminium (Al-Cu-Zn) ketebalan 1mm dengan *core hybrid* mampu menahan momen bending yang tinggi, seperti ditunjukkan pada tabel. Momen bending meningkat seiring dengan penambahan ketebalan *core*, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Dengan demikian, penambahan bagian inti struktur *sandwich* menunjukkan secara signifikan peningkatan kemampuan menahan momen bending. Sifat material yang lebih lunak (*core*) dan penambahan ketebalan *core* menyebabkan memiliki kemampuan menahan momen bending yang lebih tinggi.

ketebalan *core* sekitar 5 mm seperti ditunjukkan pada gambar 3. Komposit *sandwich* yang diperkuat aluminium (Al-Cu-Zn) ketebalan 1mm dengan *core hybrid* sekam padi dan serbuk bata hebel mesh 20 memiliki tingkat kemampuan kemudahan dibentuk (*forming*) yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit *sandwich* dengan *core hybrid* sekam padi dan serbuk bata hebel mesh 20.

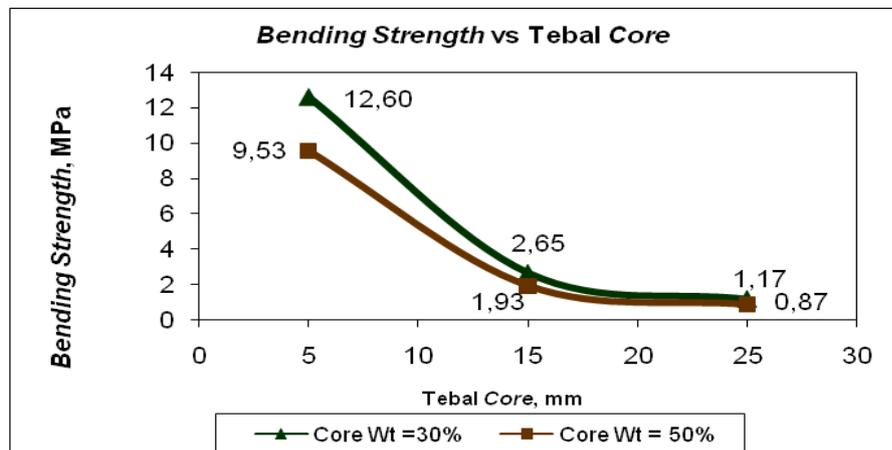
Berdasarkan analisis yang dihitung dengan standar ASTM D 393, komposit *sandwich* yang diperkuat aluminium (Al-Cu-Zn) ketebalan 1mm dengan *core* sekam padi dan serbuk bata hebel mesh 20 memiliki kekuatan bending *facing* yang tinggi, seperti ditunjukkan pada gambar 4, yang paling optimum terjadi pada komposit *sandwich* dengan ketebalan *core hybrid* 5 mm pada fraksi berat 30%.

Analisis kekuatan geser *core hybrid* menunjukkan bahwa tegangan geser *core hybrid* komposit dengan aluminium (Al-Cu-Zn) ketebalan 1mm dengan posisi *core hybrid* sekam padi dan serbuk bata hebel mesh 20 menurun seiring dengan penambahan ketebalan *core hybrid* dan optimum pada ketebalan *core hybrid* 5 mm pada Wt 30% seperti ditunjukkan pada gambar 5.

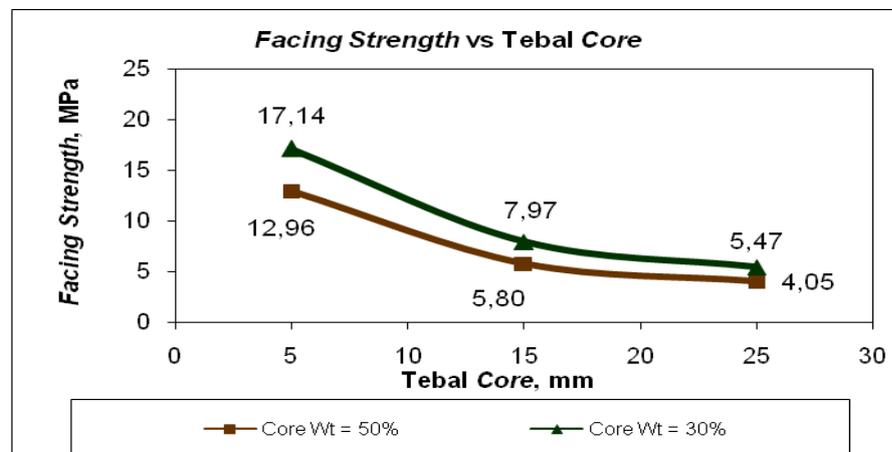
Analisis *flexural rigidity* (kekakuan) komposit *sandwich* yang diperkuat aluminium (Al-Cu-Zn) ketebalan 1mm dengan posisi *core hybrid* sekam padi dan serbuk bata hebel mesh 20 mempunyai kekakuan yang cukup tinggi pada Wt 50% dan menurun pada Wt 30%. Kekakuan menurun seiring dengan penambahan ketebalan *core hybrid*, seperti ditunjukkan pada gambar 6.



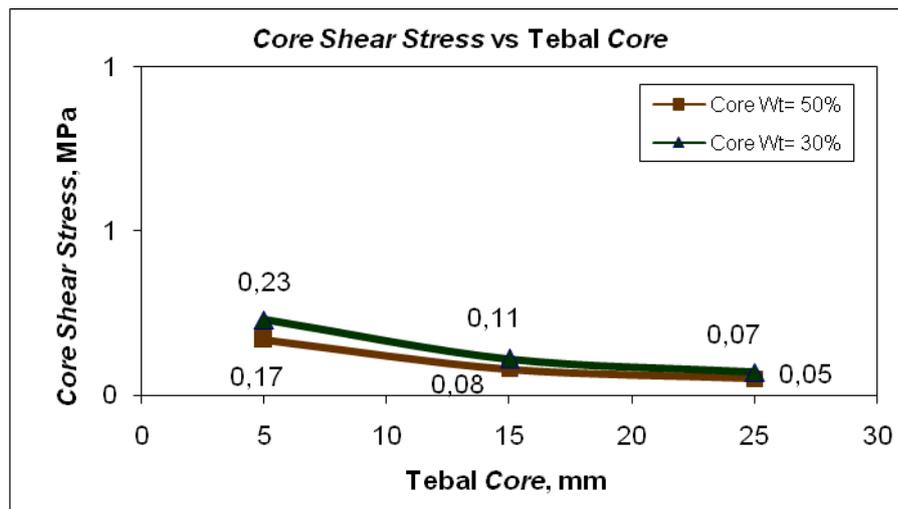
Gambar 2. Kurva momen bending komposit sandwich.



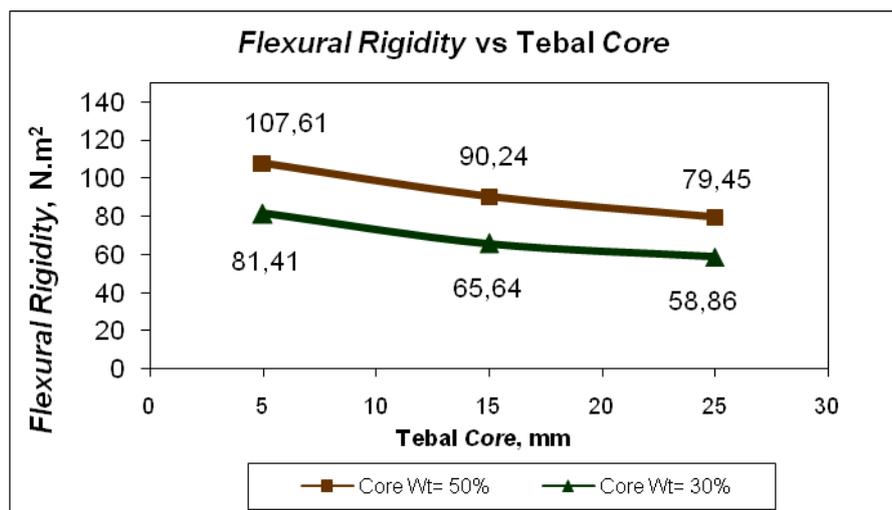
Gambar 3. Kurva kekuatan bending komposit sandwich.



Gambar 4. Kurva tegangan facing/skin komposit sandwich.

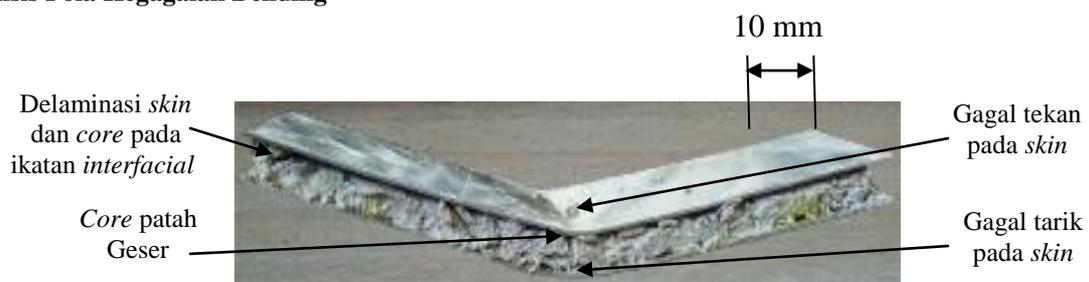


Gambar 5. Kurva tegangan geser core komposit hybrid sandwich.



Gambar 6. Kurva flexural rigidity (kekakuan) komposit hybrid sandwich.

Analisis Pola Kegagalan Bending



Gambar 7. Penampang patahan melintang komposit sandwich, tebal core 5 mm Wt = 30%.

Kegagalan bending komposit *sandwich* ditunjukkan pada gambar 7. Secara umum, pola kegagalan diawali dengan retakan pada komposit *skin* yang menderita tegangan tarik. Kemudian, beban bending tersebut didistribusikan pada *core hybrid* sehingga menyebabkan *core hybrid* mengalami kegagalan. *Skin* yang semula menderita beban tekan akhirnya mengalami kegagalan seiring dengan gagalnya *core hybrid*.

Gambar 7 menunjukkan secara jelas adanya kegagalan tarik pada komposit *skin* bawah, gagal geser *core hybrid* dan kegagalan tekan pada *skin* atas. Mekanisme patahan terjadi karena kegagalan komposit *sandwich* akibat beban bending berawal dari *skin* komposit sisi belakang (bawah) dan dilanjutkan dengan kegagalan *core hybrid*, delaminasi *skin* dan *core hybrid* pada ikatan *interfacial*.

Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian tersebut maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Momen bending meningkat seiring dengan penambahan ketebalan *core*, namun fraksi berat(Wt) menurunkan momen bending. Efek *core hybrid* mengindikasikan desainnya dapat dibentuk *curva* pada bidang lengkung dalam konstruksi ruangan.
2. Tegangan bending komposit *sandwich* memiliki harga yang *optimum* pada ketebalan *core* 5 mm pada Wt = 30%, namun menurun dengan penambahan fraksi berat. Kemampuan kekakuan komposit *sandwich* menurun dengan penambahan ketebalan *core hybrid*, namun meningkat dengan penambahan fraksi berat. Penambahan ketebalan *core hybrid* dan fraksi berat menurunkan kekuatan geser.
3. Tahapan pola kegagalan komposit *sandwich* adalah kegagalan tarik *skin* komposit sisi bawah, kegagalan geser *core hybrid*, delaminasi *skin* komposit sisi atas dengan *core hybrid* pada ikatan *interfacial*., kegagalan tekan *skin* komposit sisi atas.

Notasi Persamaan

b : lebar spesimen (mm)	τ_{core} : tegangan geser <i>core</i> (MPa)
c : tebal <i>core</i> (mm)	σ_b : tegangan <i>bending</i> (MPa)
d : tebal spesimen (mm)	$\sigma_{b\ facing}$:tegangan <i>bending skin</i> (MPa)
D :kekakuan bending (N.mm ²)	z : Jarak 0,5 tinggi <i>skin</i> terhadap titik acuan sumbu netral (mm)
E : modulus bending (MPa)	
I : momen inersia (mm ⁴)	
L : panjang span (mm)	
M : momen bending (N-mm)	
P : beban bending(N)	
t_i : tebal <i>skin sandwich</i> (mm)	

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, 1994.
- Anonim. 2003. „DIAB Sandwich Handbook“ <http://www.diabgroup.com>, (3 Sptember 2008, jam 15.30 WIB)
- Eichorn, S.J., 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*