

PENGARUH PERLAKUAN ALKALI TERHADAP KEKUATAN TARIK  
BAHAN KOMPOSIT SERAT RAMBUT MANUSIA

**Muh Amin\* dan Samsudi Raharjo\*\***

*\*, \*\*)*Dosen SI Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang  
*e-mail: amin.unimus@gmail.com , Telp. 08156719114*

**ABSTRAK**

Komposit alam sekarang ini sedang dikembangkan guna menggeser keberadaan komposit sintetis yang cenderung berharga mahal dan tidak ramah lingkungan. Salah satu potensi alam yang belum banyak dipergunakan sebagai penguat bahan komposit adalah limbah potongan rambut manusia dari tukang potong rambut. Akan tetapi sebelum dapat dipergunakan sebagai penguat pada bahan komposit harus diketahui sifat mekanik bahan tersebut. Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik yang sangat penting dari bahan komposit yang sangat dipengaruhi oleh gaya ikat antara serat dan matrik. Penelitian ini berupaya untuk meningkatkan gaya ikat antara serat dengan matrik dengan menggunakan perlakuan alkali serat sebelum dipergunakan. Perlakuan alkali dilakukan dengan melakukan perendaman potongan rambut manusia dari bekas tukang potong didalam larutan NaOH 5% selama (0, 30, 60, 90 dan 120) menit. Setelah dicuci dan dikeringkan serat rambut dipergunakan sebagai penguat pada komposit matrik Epoxy dengan penambahan 40% berat. Hasil yang diperoleh dari penelitian bahwa dengan melakukan perendaman rambut kedalam larutan 5% NaOH selama 60 menit mengalami harga kekuatan tarik yang optimal yaitu sebesar 28.862 MPa. Hal ini juga terbukti dari hasil foto makro penampang patahan yaitu terjadi patahan homogen dan tidak terjadi *fiber pull out*.

***Kata kunci:*** *Perlakuan Alkali, NaOH, Serat Rambut Manusia, Epoxy, Kekuatan Tarik, Foto Makro*

## PENDAHULUAN

Komposit alam (*Natural Composite*) saat ini terus dikembangkan sebagai bahan alternatif pengganti bahan komposit sintetis. Keunggulan dari serat alam sebagai penyusun komposit adalah memiliki berat yang relatif lebih ringan, kekuatan dan kekakuan yang relatif cukup tinggi, dapat diolah secara alami dan ramah lingkungan.

Salah satu bahan alam yang selama ini masih jarang dimanfaatkan dan berpotensi sebagai serat pada sebuah komposit adalah limbah potongan rambut manusia dari tukang potong rambut. Berdasarkan penelitian awal yang dilakukan oleh **Soekrisno (2005)** bahwa rambut manusia sulit dihancurkan meskipun tertimbun didalam tanah dalam waktu yang lama. Hal ini memberikan fakta, betapa kuatnya rambut terhadap asam, larutan korosif dan kelembaban. Maka dari itu limbah potongan rambut manusia memiliki potensi yang sangat besar untuk digunakan di bidang rekayasa, khususnya sebagai penguat bahan komposit. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa kekuatan bending komposit rambut-polyester dengan penambahan 6% serat rambut menunjukkan harga kekuatan bending yang optimal dan lebih unggul dari pada komposit *e-glass polyester*. Akan tetapi pada kekuatan tarik menunjukkan harga maksimal dengan penambahan 12% serat rambut.

Serat rambut dapat memiliki sifat mekanik yang baik karena struktur penyusun rambut terdiri dari keratin yang membentuk rantai panjang dan teratur menyebabkan rambut bersifat kuat dan fleksibel (**Robins CR, 1994**). Menurut penelitian yang dilakukan oleh **Maria V (2009)** dihasilkan bahwa beban tarik rambut secara umum adalah (50-100) gram. Sedangkan elastisitas rambut adalah (20-30)% dari panjangnya (untuk rambut kering) sedangkan untuk rambut basah atau kontak dengan air dapat mencapai 50% dari panjangnya.

Kekuatan komposit serat alam dapat ditingkatkan dengan 2 cara yaitu dengan memberikan perlakuan kimia serat atau dengan penambahan *coupling agent* (**Ronal FG, 1994**). Akan tetapi perlakuan kimia serat yang sering dilakukan adalah perlakuan alkali seperti NaOH, karena lebih ekonomis.

Seperti penelitian yang dilakukan oleh (**Diharjo K, 2006**) bahwa serat rami yang akan dipergunakan sebagai penguat pada komposit serat rami-polyester terlebih dahulu dilakukan perlakuan kimia, perlakuan alkali yaitu dengan direndam dalam larutan (5% NaOH) selama 0, 2, 4, 6 jam. Selanjutnya, serat tersebut dicuci menggunakan air bersih dan dikeringkan secara alami.

Matrik yang digunakan dalam penelitiannya adalah *resin unsaturated polyester 157 BQTN* dengan *hardener MEKPO 1% (v/v)*. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan pada Vf  $\approx 35\%$ . Semua spesimen dilakukan *post cure* pada suhu 62 °C selama 4 jam. Spesimen uji tarik dibuat mengacu pada standar ASTM D-638. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik dan perpanjangan diukur dengan menggunakan *extensometer*. Penampang patahan diselidiki untuk mengidentifikasi mekanisme perpatahannya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan dan regangan tarik komposit memiliki harga optimum untuk perlakuan serat 2 jam, yaitu 190.27 MPa dan 0.44%. Komposit yang diperkuat serat yang dikenai perlakuan 6 jam memiliki kekuatan terendah. Penampang patahan komposit yang diperkuat serat perlakuan 0, 2, dan 4 jam diklasifikasikan sebagai jenis patah

*slitting in multiple area*. Sebaliknya, penampang patahan komposit yang diperkuat serat perlakuan 6 jam memiliki jenis patah tunggal.

Penggunaan serat rambut sebagai penguat dalam komposit ada kecenderungan untuk terjadinya *fiber pull out* karena adanya lapisan bagian luar rambut yang menghalangi ikatan. Maka dari itu perlu diberikan perlakuan kimia serat salah satunya dengan perlakuan alkali NaOH sebelum dipergunakan sebagai penguat pada komposit agar dapat meningkatkan gaya ikatan (*mechanical bonding*) antara serat dan matrik (perekat). Sehingga pada penelitian kali ini menyelidiki tentang pengaruh perlakuan alkali serat rambut terhadap peningkatan kekuatan tarik bahan komposit berpenguat serat rambut manusia dengan matrik epoxy.

### Kekuatan Tarik Komposit

Kekuatan tarik komposit sangat tergantung pada seberapa besar perbandingan antara serat sebagai penguat dan matrik yang dipergunakan. Perbandingan ini sering disebut sebagai fraksi volume serat ( $V_f$ ) dan fraksi berat serat ( $W_f$ ). Akan tetapi kebanyakan digunakan fraksi volume serat dengan pertimbangan yang berpengaruh dalam kekuatan tarik adalah luas penampang serat bukan berat serat. Fraksi volume serat dapat dihitung dengan persamaan (**Shackelford, 1992**) berikut:

$$V_f = \frac{w_f / \rho_f}{w_f / \rho_f + w_m / \rho_m} \dots \dots \dots (1)$$

Analisis kekuatan komposit banyak dilakukan dengan mengasumsikan ikatan antara serat dan matrik adalah solid tanpa adanya geseran dan dianggap deformasi serat dan matrik adalah sama. Sehingga kekuatan tarik komposit dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Regangan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o} \dots \dots \dots (3)$$

Berdasarkan kurva  $\sigma$ - $\varepsilon$  dapat dicari modulus elastisitas dengan menggunakan rumus:

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \dots \dots \dots (4)$$

### METODE PENELITIAN

Rambut manusia yang dipergunakan sebagai penguat pada matrik epoxy dalam bentuk komposit yang diperoleh dari beberapa tukang potong lokal (Semarang) masih mengandung kotoran tersebut dibersihkan dengan air dan dikeringkan. Serat rambut yang sudah bersih direndam di dalam larutan alkali (5% NaOH) dengan variasi waktu perendaman (0, 30, 60, 90 dan 120) menit. Setelah itu serat dicuci dengan menggunakan air bersih dan selanjutnya direndam dalam air bersih untuk menghilangkan efek NaOH. Setelah PH rendaman sudah netral

(PH=7), serat ditiriskan hingga kering tanpa sinar matahari. Bahan matrik yang dipergunakan adalah epoxy.

Pembuatan komposit dilakukan dengan metode cetak tekan dengan fraksi volume serat sebesar 40%. Spesimen uji tarik dibuat dengan mengacu pada standard ASTM D-638 M dengan menyiapkan cetakan dari plat Aluminium yang dibentuk dengan mesin perkakas sehingga hasil cetakan spesimen uji tarik bahan komposit sudah dapat dilakukan pengujian tanpa mengalami permesinan lebih lanjut. Namun demikian sebelum dilakukan pengujian tarik semua spesimen dilakukan *post cure* pada temperatur 62°C selama 4 jam. Setelah itu setiap bagian ujung spesimen yang akan dicekam dengan mesin uji tarik terlebih dahulu di beri *tap* dari kertas amplas.

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik *Servopulser*. Hasil pengujian dalam penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk hubungan antara kekuatan tarik, modulus dan regangan versus lama waktu perlakuan alkali serat rambut. Penampang patahan diamati dengan foto makro untuk mengetahui mekanisme perpatahannya.

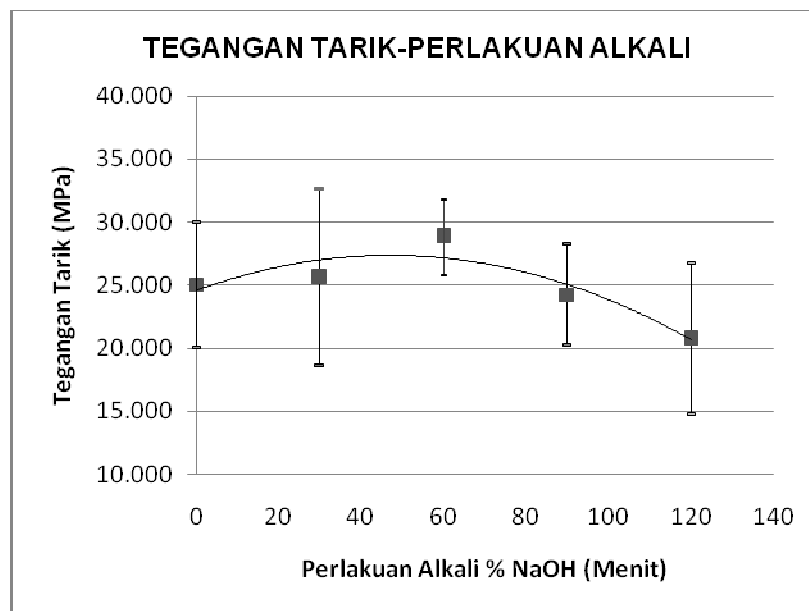
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengaruh perlakuan alkali serat rambut manusia dapat dilihat pada Tabel 1. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya waktu perendaman serat rambut didalam larutan 5% NaOH akan meningkatkan harga tegangan tarik, regangan dan modulus elastisitas. Perendaman serat rambut selama 60 menit menunjukkan harga yang optimum untuk Tegangan Tarik dan regangan yaitu 28,862 MPa dan 0,18 %.

Pada serat rambut yang tidak dilakukan perlakuan alkali memiliki mechanical bonding yang lemah karena ikatan antara serat dengan matrik tidak dapat sempurna karena terhalang oleh adanya lapisan minyak pada rambut manusia. Dengan dilakukannya perlakuan alkali serat ini adalah untuk menghilangkan lapisan minyak pada rambut agar terjadi ikatan yang kuat antara serat dengan matriknya. Akan tetapi dengan perlakuan alkali yang terlalu lama akan menyebabkan rusaknya serat rambut (serat rambut menjadi rapuh). Sehingga komposit yang diperkuat dengan serat dengan waktu perendaman yang lebih lama menyebabkan turunnya kekuatan tarik seperti pada Gambar 1.

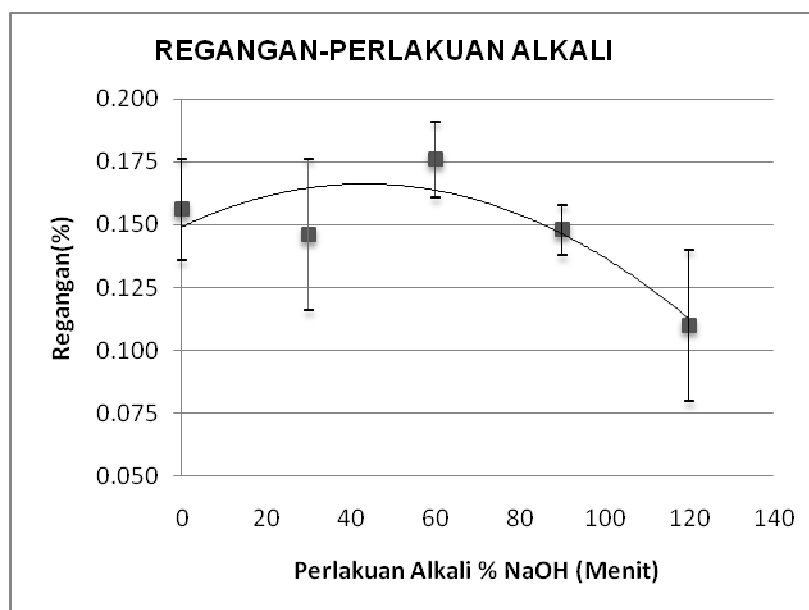
**Tabel 1.** Kekuatan Tarik Komposit Serat Rambut Manusia

Perlakuan Alkali (5% NaOH)	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (GPa)
0 Menit	25.038	0.16	160.502
30 Menit	25.622	0.15	175.495
60 Menit	28.862	0.18	163.991
90 Menit	24.271	0.15	163.991
120 Menit	20.745	0.11	188.589

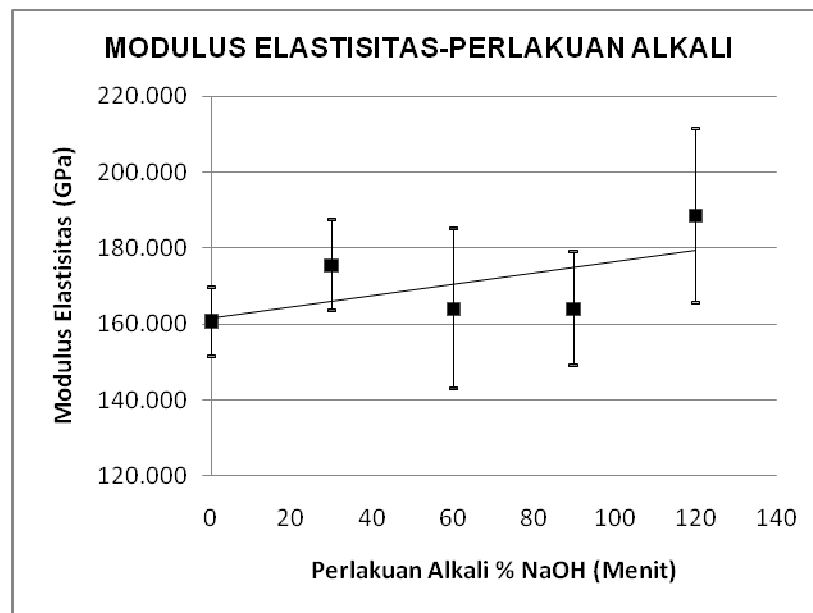


Gambar 1. Kurva Hubungan Tegangan Tarik vs Perlakuan Alkali Serat (5% NaOH)

Harga optimum regangan dari komposit ketika dilakukan pembebanan tarik dicapai pada perlakuan alkali serat selama 60 menit. Setelah lebih dari 60 menit serat sudah mengalami kerusakan sehingga mudah patah. Akan tetapi dengan waktu perendaman kurang dari 60 menit, lapisan minyak pada rambut masih tersisa sehingga menyebabkan rendahnya regangan. Hal ini disebabkan lepasnya ikatan antara serat dengan matrik yang diakibatkan oleh tegangan geser dipermukaan serat. Kegagalan tersebut didominasi oleh lepasnya ikatan serat dengan matrik yang sering disebut dengan "*fiber pull out*".



Gambar 2. Kurva Hubungan Regangan vs Perlakuan Alkali Serat (5% NaOH)



Gambar 3. Kurva Hubungan Modulus Elastisitas vs Perlakuan Alkali Serat (5% NaOH)

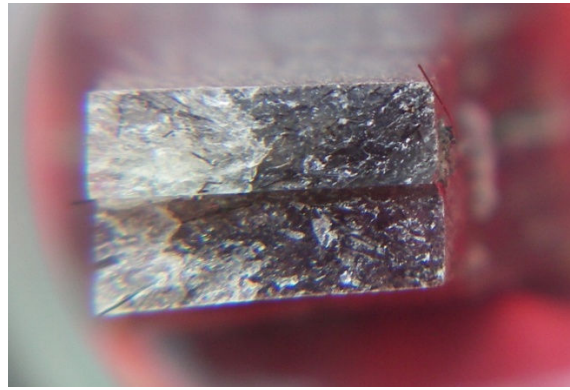
Modulus elastisitas komposit dengan serat rambut manusia juga berubah dengan adanya perlakuan alkali serat yang dipergunakan. Dengan bertambahnya waktu perendaman serat menunjukkan penurunan elastisitas serat. Hal ini disebabkan adanya penurunan harga regangan yang cukup signifikan ketika serat dilakukan perendaman yang terlalu lama (lebih dari 60 menit).

### Pengamatan Patahan

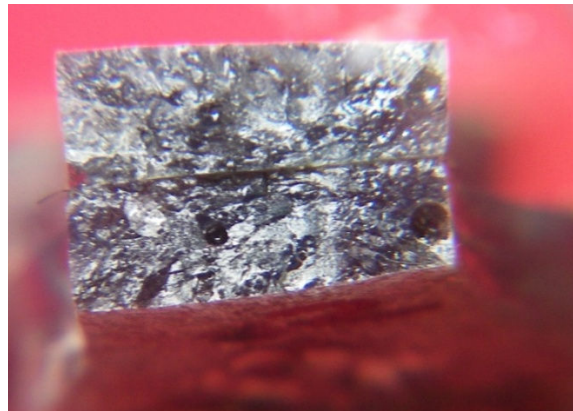
Komposit dengan serat tanpa adanya perlakuan alkali (dengan perendaman 5% NaOH) menunjukkan adanya serat yang tertarik keluar (*fiber pull out*) yang menunjukkan rendahnya *mechanical bonding* antara serat dengan matrik (Gambar 4). Akan tetapi dengan dilakukan perlakuan alkali serat selama 60 menit menunjukkan adanya patahan jenis *splitting in multiple area* yang menandakan bahwa komposit memiliki kekuatan tarik yang tinggi (Gambar 5).



Gambar 4. Patahan Komposit Yang Diperkuat Serat Tanpa Perlakuan Alkali



Gambar 4. Patahan Komposit Yang Diperkuat Serat Dengan Perlakuan Alkali 60 Menit



Gambar 4. Patahan Komposit Yang Diperkuat Serat Dengan Perlakuan Alkali 120 Menit

Waktu perendaman serat lebih dari 60 menit menunjukkan adanya patahan tunggal. Berdasarkan pengujian tarik yang didukung dengan pengamatan secara visual dapat disimpulkan bahwa perlakuan alkali serat rambut yang optimum dicapai dengan waktu perendaman ke dalam larutan 5% NaOH selama 60 menit.

#### **Komparasi dengan Riset Sebelumnya**

Penelitian perlakuan alkali dengan cara perendaman serta kedalam larutan NaOH sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti dengan berbagai jenis serat alam. Seperti yang dilakukan oleh **Diharjo K (2006)** telah melakukan perlakuan alkali serat rami dengan 5% NaOH dan diperoleh harga Tegangan Tarik maksimal (190 MPa) dan Regangan (0,44%) pada perendaman serat selama 2 jam yang ditandai dengan patahan jenis *splitting in multiple area*.

Penelitian yang dilakukan oleh **Karnani et. al., 1997** bahwa kekuatan tarik komposit serat alam kenaf-polipropilene (PP) dengan penambahan *maleic anhydride grafited polypropylene (MAPP)* 2% dengan panjang serat 1,58 cm. Kekuatan tarik komposit kenaf-PP tanpa MAPP pada prosentase berat (20, 40 dan 60)% adalah 26,9 MPa, 27,1 MPa dan 27,4 MPa. Pada penambahan prosentase berat



yang sama, penambahan MAPP mampu meningkatkan kekuatannya menjadi 32,7 MPa, 41,3 MPa dan 53,8 MPa.

Penelitian yang senada dilakukan oleh **Rowel et al., 1999** yang meneliti komposit serat alam kenaf yang dipotong sepanjang 1 cm dengan matrik polipropilene (PP) yang dihasilkan bahwa kekuatan dan modulus tarik komposit memiliki lebih tinggi dari pada dengan PP saja. Dan sifat mekanis tersebut dapat ditingkatkan lagi dengan penambahan *maleic anhydride grafited polypropylene* (MAPP) sebagai *coupling agent*. MAPP ini berfungsi meningkatkan koMPatibilitas dan adhesive antara matrik dengan serat. Pada fraksi berat serat 60 % kekuatan tarik komposit kenaf-PP tanpa dan dengan MPP 2% adalah 3,5 MPa dan 7,5 MPa.

## SIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Komposit epoxy yang diperkuat dengan serat rambut manusia dengan perlakuan 5% NaOH selama 60 menit memiliki harga Tegangan Tarik dan regangan maksimal yaitu 28,862 MPa dan 0,18%.
2. Harga modulus elastisitas komposit serat rambut manusia akan semakin meningkat dengan meningkatnya waktu perendaman serat rambut manusia.
3. Patahan yang dialami serat rambut manusia tanpa adanya perlakuan alkali menunjukkan adanya patahan *fiber pull out*. Sedangkan dengan adanya perlakuan alkali menjadikan tidak ditemukannya *fiber pull out*.
4. Patahan yang terjadi pada perlakuan akai serat rambut dengan waktu perendaman 5% NaOH selama 60 menit menunjukkan adanya patahan jenis banyak (*splitting in multiple area*).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi-Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia yang telah memberikan dana untuk melakukan penelitian Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2011 dan 2012 ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Diharjo K.**, 2006, Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-*Polyester*, Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No. 1, Petra Christian University, Jakarta.
- Karnani R., Krishnan M., and Narayan R.**, 1997, *Biofiber-reinforces Polypropylene Composites*, Polymer engineering and Science, vol. 37 No. 2 pp. 476-483.
- Maria Valéria dkk**, 2009, *Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties*, Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences (BJPS)vol. 45, n. 1, jan./mar.,2009.
- Robbins, C.R.**, 1994, *Chemical and physical behavior of human hair. 3.ed. New York: Springer, 1994. 391p.*
- Ronal F. Gibson**, 1994, *Principles of Composite Material Mechanics*, McGraw-Hill, New York.



**Rowel R.M., Sanadi A., Jacobson R., and Cauldfield D.,** 1999, *Properties of Kenaf/Polypropylene Composite, Kenaf properties, Processing and Product*, Chapter 32, Missisipi State university, Ag & Bio Engineering, pp. 381-392.

**Shackelford,** 1992, *Introduction to Materials science for Engineer*, Third Edition, MacMillan Publishing CoMPany, New York, USA. 1992.

**Soekrisno,** 1995, Manfaat Rambut sebagai Penguat Bahan Komposit, Forum Teknik Jilid 19. No. 2 Agustus 1995.