

PEMANFAATAN SERBUK TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI ALTERNATIF SERAT PENGUAT BAHAN FRIKSI NON-ASBES PADA KAMPAS REM SEPEDA MOTOR

D. Kiswiranti, Sugianto, N. Hindarto, Sutikno*

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Semarang (Unnes), Semarang, Indonesia, 50229

Diterima: 21 Oktober 2009, Disetujui: 19 November 2009, Dipublikasikan: Januari 2009

ABSTRAK

Serbuk tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai serat penguat bahan friksi non-asbes. Dalam penelitian ini, komposisi 20% dan 30% serbuk tempurung kelapa ditemukan yang paling optimum untuk parameter kekerasan dan keausan. Bahan friksi dengan komposisi 20% memiliki kekerasan sebesar $77,5 \text{ kgf.mm}^{-2}$ dan keausan sebesar $28,25 \text{ mm}^2/\text{kg}$. Bahan friksi dengan komposisi 30% serbuk tempurung kelapa mempunyai kekerasan sebesar $58,8 \text{ kgf.mm}^{-2}$ dan keausan sebesar $34 \text{ mm}^2/\text{kg}$. Untuk dapat diaplikasikan pada sepeda motor, desain sampel disesuaikan dengan spesifikasi kampas rem sepeda motor.

ABSTRACT

Coconut char powder can be used as reinforcement fibers of non asbestos brake friction materials. In this research, the contents of coconut char powder of 20 % and 30 % show optimum hardness and wear resistances. The brake friction material with 20 % coconut char powder is found hardness as well as $77,5 \text{ kgf.mm}^{-2}$ and the wear resistance is $28,25 \text{ kgf.mm}^2/\text{kg}$. The brake friction material with the coconut char powder 30% volume has hardness of $58,8 \text{ kgf.mm}^2/\text{kg}$ and the wear resistance of $34 \text{ mm}^2/\text{kg}$. To be applied in the fabrication of motorcycle spare part, the sample design is necessary adapted with motorcycle brake.

© 2009 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

Keywords: friction material; motorcycle brake; fiber material; coconut char powder

PENDAHULUAN

Tempurung kelapa diketahui mempunyai karakteristik fisik dan mekanik yang baik yaitu kekerasan dan kerapatannya tinggi serta serapan airnya rendah (Morshed, 2004). Dari sifat-sifat tersebut maka tempurung kelapa memiliki potensi sebagai bahan alternatif serat penguat bahan friksi non-asbes pada pembuatan kampas rem sepeda motor. Secara umum, zat penyusun di dalam bahan friksi terdiri dari serat, bahan pengisi dan bahan pengikat. Bahan pengikat terdiri dari berbagai jenis resin diantaranya *phenolic*, *epoxy*, *silicone* dan *rubber*. Resin tersebut berfungsi untuk mengikat berbagai zat penyusun di dalam bahan friksi. Bahan pengikat dapat membentuk sebuah matriks pada suhu yang relatif stabil.

Serat berfungsi untuk meningkatkan koefisien gesek dan meningkatkan kekuatan mekanik bahan, contohnya gelas, *aramid*, *potassium titanate*, karbon, keramik, tembaga, kuning, baja, *baja tahan karat* dan *rock wool*, Cu-Zn, Cu-Sn, Zn, Fe dan Al. Pelumas padatan biasanya ditam-bahkan ke dalam bahan friksi untuk mencegah *micro-stick* terhadap rotor. Beberapa pelumas padatan di pasaran antara lain grafit, MoS_2 , Sb_2S_3 , Sn_2S_3 , PbS , ZnS dan mika. Untuk memodifikasi tingkat friksi dan membersihkan permukaan rotor ditambahkan bahan

abrasif misalnya Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , Fe_3O_4 , Cr_2O_3 , SiC , ZrSiO_4 dan *kianit*/ Al_2SiO_5 (Lu, 2001). Abrasif ini juga digunakan untuk mengendalikan kecepatan *wear* dan menstabilkan koefisien gesek, sedangkan bahan pengisi digunakan untuk meningkatkan proses produksi dan bertindak sebagai minyak pelumas. Bahan pengisi ini terdiri dari dua jenis yaitu bahan pengisi organik dan anorganik. Bahan pengisi organik misalnya *C.N.S.L (Cashew Nut Shell Liquid/Oil)*, *dust* dan *rubber crumb* (remah karet). Bahan pengisi anorganik misalnya *vermiculite*, BaSO_4 , CaCO_3 , Ca(OH)_2 dan MgO (Robinson *et. al*, 1990).

Kandungan serat di dalam komposisi bahan friksi sangat berpengaruh terhadap kekuatannya. Efek interaksi di antara bahan mentah dapat ditentukan secara eksperimental. Model formulasi dua komponen terdiri dari bahan pengikat (*binder*) dan *ingredients* (bahan lain) merupakan cara terbaik untuk memahami beberapa efek bahan dalam performa friksi. Penentuan komposisi penyusun bahan friksi menjadi hal yang sangat penting sebelum membuat bahan friksi. Penentuan komposisi bahan friksi dilakukan dengan pemodelan menggunakan analisis faktorial, permutasi dan kombinasi (Lu, 2004). Dalam penelitian ini, penentuan awal komposisi dilakukan dengan teknik pendekatan *Golden Section*. Hal ini disebabkan karena dalam sistem A+B+C pemodelan bahan mentah dengan pendekatan *Golden Section* digunakan untuk menentukan fraksi volume pada bahan mentah agar didapatkan suatu bahan dengan koefisien friksi tinggi serta dengan keausan yang rendah (Lu, 2004).

*Alamat korespondensi:

Delik Rejosari RT 03 RW 03 Kalisegoro Gunungpati Semarang
Mobile Phone: 085866629109
Email: smadnasri@yahoo.com

METODE

Pada penelitian ini, metode penelitian terdiri dari beberapa tahap yang meliputi tahap pembuatan sampel dan tahap analisis. Tahap pertama, tempurung kelapa yang telah tua dikeringkan terlebih dahulu supaya kandungan airnya berkurang. Setelah itu, tempurung kelapa dibersihkan kemudian dilakukan proses penggerusan. Tempurung kelapa yang telah menjadi serbuk diayak supaya serbuk yang dihasilkan lebih halus. Sampel ini tersusun dari serbuk tempurung kelapa, MgO dan resin. Perbandingan bahan serbuk tempurung kelapa dan MgO divariasikan sebesar 10 % sampai dengan 50 %. Sedangkan resin dibuat tetap sebesar 2,5 ml. Variasi komposisinya diambil sesuai dengan teknik pendekatan Golden Section yang dipakai untuk memformulasikan bahan friksi.

Dalam pembuatan bahan friksi, perlu dilakukan pengujian bahan friksi dan perlu dipertimbangkan sifat lain dari bahan (sifat mekanis, sifat fisis dan sifat kimia) (Sumanto, 1994). Pengujian bertujuan agar memenuhi persyaratan minimum unjuk kerja, kegaduhan dan daya tahan. Sifat-sifat mekanik bahan friksi dapat dikarakterisasi dengan mesin pengujian kekerasan (*microhardness testing machine*). Pengujian ini perlu dilakukan untuk mendapatkan informasi spesifikasi bahan.

Sifat friksinya dapat dikarakterisasi dengan Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U). Topografi permukaan bahan friksi dikarakterisasi menggunakan mikroskop optik yang dilengkapi dengan CCD camera. Karakterisasi yang perlu dilakukan dalam

Pembuatan kampas rem sepeda motor adalah kekerasan dan keausan. Data pengamatan yang diperoleh dari hasil karakterisasi selanjutnya

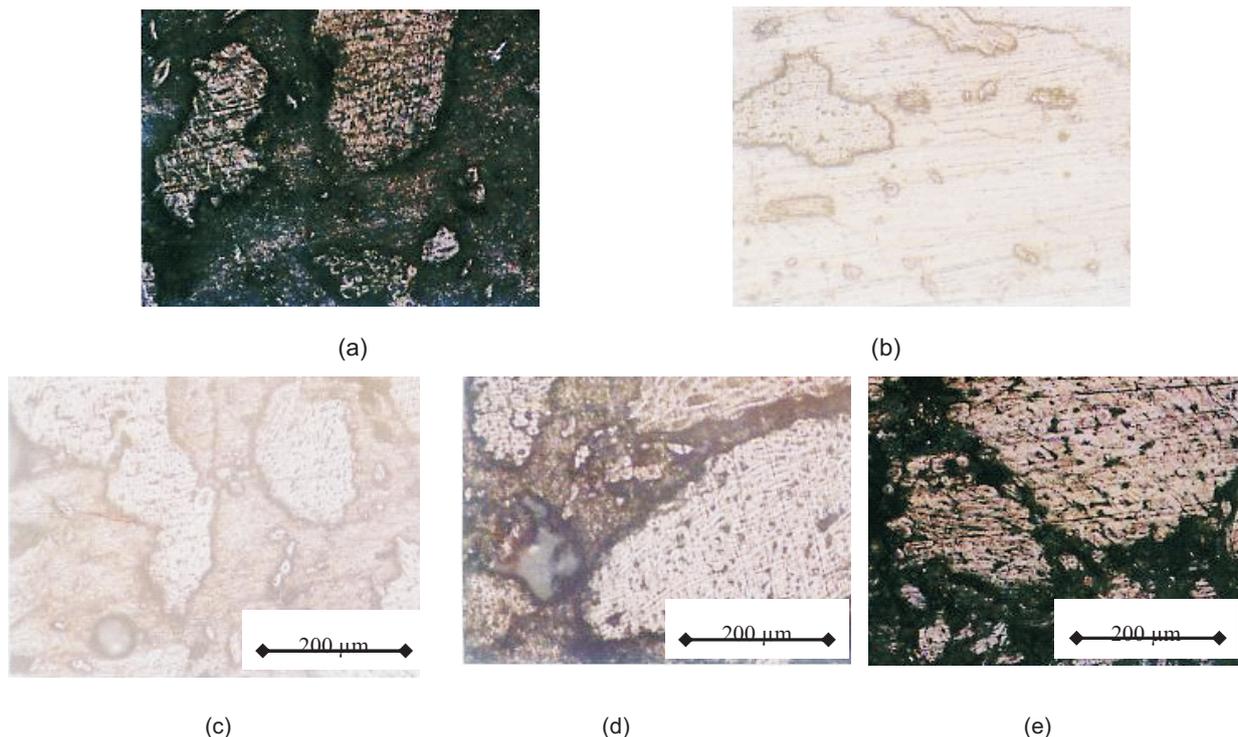
dianalisis secara grafik hubungan antara komposisi terhadap kekerasan serta hubungan antara komposisi dengan keausan spesifik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi topografi permukaan bertujuan untuk menentukan struktur mikro dari bahan friksi berdasarkan variasi fraksi volume serbuk tempurung kelapa. Hasil karakterisasi topografi permukaan dipengaruhi oleh fraksi volume serbuk tempurung kelapa. Serbuk tempurung kelapa divariasikan berdasarkan fraksi volume yaitu 10% sampai dengan 50%. MgO-nya juga divariasikan, tetapi resin dibuat tetap yaitu 40%. Struktur permukaan sampel dengan komposisi 10% sampai dengan 50% serbuk tempurung kelapa diamati menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 135 kali ditunjukkan pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan hasil karakterisasi topografi permukaan dengan mikroskop optik. Hasil tersebut menunjukkan adanya efek komposisi dari masing-masing komponen penyusun bahan friksi. Pengaruh fraksi volume serbuk tempurung kelapa terhadap struktur mikro bahan friksi dapat terlihat pada gambar di bawah. Pada komposisi 10%, struktur mikronya tidak rata (tidak tercampur dengan baik sehingga komposisinya menjadi tidak homogen). Hal ini disebabkan karena pada komposisi 10% (serbuk tempurung kelapa) mengandung MgO sebesar 50%. Sifat MgO diketahui lebih keras daripada serbuk tempurung kelapa sehingga adanya variasi komposisi MgO akan mempengaruhi kekerasan sampelnya.

Pembuatan kampas rem sepeda motor jika terlalu keras tidak baik dan akan merusak rotor, tetapi jika terlalu lunak juga tidak baik.

Pada komposisi 50% serbuk tempurung kelapa, struktur mikronya sangat tidak rata sehingga ikatan



Gambar 1. Hasil foto permukaan sampel dengan komposisi serbuk tempurung kelapa: (a)10%, (b) 20%, (c) 30%, (d) 40 % dan (e) 50 %.

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan Rockwell menggunakan beban 30 kg.

Komposisi (%)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Rata-rata
10	95	93	96	94	94,5
20	78	79	76	77	77,5
30	58	57	61	59	58,8
40	46	48	43	45	45,5
50	31	34	32	33	32,5

antara bahan penyusunnya tidak erat (tidak tercampur). Akan tetapi, pada komposisi ini tidak keras bila dibandingkan dengan komposisi 10% karena pengaruh MgO sangatlah kecil pada komposisi 50%. Sedangkan pada komposisi 20%, struktur mikronya rata atau dengan kata lain bahwa campuran antara masing-masing bahan penyusun tercampur dan saling mengikat sehingga strukturnya paling baik di antara komposisi yang lainnya.

Kandungan serbuk tempurung kelapa yang paling optimum jika dilihat dari struktur mikronya adalah pada komposisi 20% karena campuran masing-masing bahan penyusunnya (serbuk tempurung kelapa, resin dan MgO) tercampur dengan baik/rata. Pada komposisi 10% sampelnya terlalu keras dan pada komposisi 50% samelnya lunak, sehingga untuk diaplikasikan sebagai kampas rem sepeda motor kurang bagus.

Pengujian kekerasan menggunakan *Microhardness Testing Machine* model Karl Frank dengan cara menekan bola indenter (bola baja dengan diameter 1,6 mm) serta dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian kekerasan Rockwell menggunakan beban 30 kg serta waktu penekanan 10 detik.

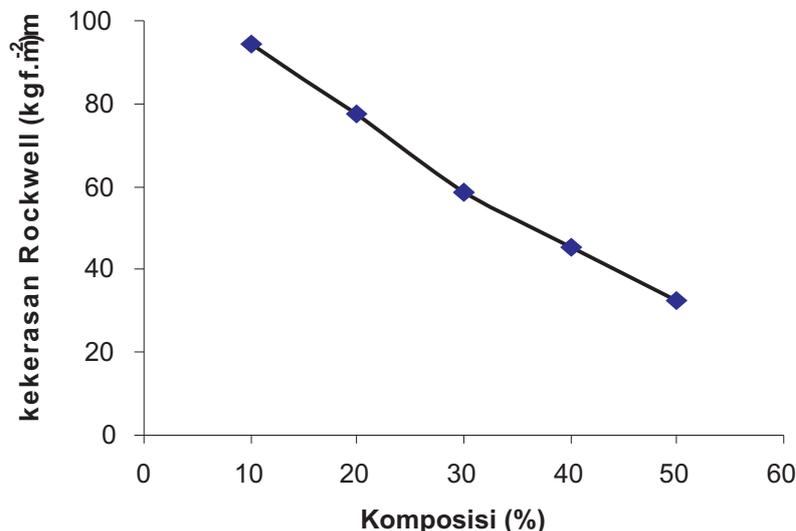
Pengujian kerasan dengan metode Rockwell menggunakan beban penekan berupa bola baja sebesar 1,6 mm. Jenis bebannya disesuaikan dengan karakteristik sampel (ukuran sampel maupun jenis sampel). Dari hasil pengukuran tersebut, grafik hubungan antara komposisi serbuk tempurung kelapa terhadap kekerasannya dapat dilukiskan seperti Gambar 2. Pada Gambar 2, sampel dengan komposisi 10% dijumpai memiliki kekerasan yang paling tinggi. Hal ini

disebabkan karena pada sampel ini mempunyai kandungan MgO yang lebih banyak daripada sampel lainnya.

Seperti sudah kita ketahui bahwa MgO mempunyai sifat yang lebih keras daripada serbuk tempurung kelapa. Semakin banyak kandungan MgO maka akan semakin keras sampel bahan yang dihasilkan. Akan tetapi, penelitian yang dilakukan hanya sebatas untuk mencari kandungan optimum serbuk tempurung kelapa pada pembuatan kampas rem. Jadi bukan yang paling keras ataupun lunak, tetapi dicari yang nilai kekerasannya mendekati nilai standarnya yaitu antara 50 sampai 80 kgf.mm⁻² (Hutchings, 1992). Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa kandungan optimum serbuk tempurung kelapa yang paling baik adalah pada komposisi 20% dan 30%.

Sedangkan untuk komposisi 50% serbuk tempurung kelapa mempunyai tingkat kekerasan yang paling rendah karena kandungan MgO-nya sangat rendah yaitu 10%. Jadi untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal kita dapat memanfaatkan serbuk tempurung kelapa dengan komposisi 20% dan 30%. MgO sangat berpengaruh terhadap tingkat kekerasan dan keausan bahan tersebut karena MgO mempunyai karakteristik yang baik pada suhu tinggi walaupun MgO merupakan suatu bahan dengan resistansi wear yang jelek. Digunakan MgO karena selain harganya murah juga banyak terdapat di pasaran.

Kekerasan suatu bahan dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusunnya dan juga struktur mikronya. Semakin keras suatu bahan semakin baik struktur mikronya serta semakin kecil nilai keausannya. Pada pembuatan bahan friksi non-asbes dicari

**Gambar 2.** Grafik hubungan antara komposisi serbuk tempurung kelapa terhadap kekerasannya.

kandungan yang paling optimum yang artinya bukan yang paling keras atau paling sedikit aus. Akan tetapi, dicari yang paling sesuai digunakan untuk pembuatan kampas rem sepeda motor serta sesuai dengan standar keamanannya.

Hasil karakterisasi struktur mikro dan kekerasan diperoleh bahwa kandungan serbuk tempurung kelapa yang paling optimum pada komposisi 20% dan 30%. Apabila menginginkan hasil yang lebih optimal kita bisa mengganti bahan pencampurnya, baik bahan pengikat maupun bahan pengisinya, misalnya *epoxy*, *rubber*, dan *steoroform* yang dilarutkan ke dalam bensin sebagai bahan pengikat dan $BaSO_4$, $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$ sebagai bahan pengisinya (Robinson et. al, 1990).

Pengujian keausan dengan menggunakan alat uji *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)*. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian keausan dengan alat uji *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)* yang dihitung menggunakan persamaan:

$$W_s = \frac{Bb_0^3}{8rP_0l_0} \frac{mm^2}{kg} \quad (1)$$

Dimana B, b_0 , r, P_0 dan l_0 secara berurutan adalah lebar piringan pengaus, lebar keausan pada benda uji, jari-jari piringan pengaus, gaya tekan pada proses, keausan berlangsung dan jarak tempuh pada proses pengausan.

Hasil karakterisasi menggunakan alat uji *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)* dapat dilukiskan secara grafik seperti yang terlihat pada Gambar 3. Pada pengujian keausan, waktu uji dibuat berbeda-beda karena apabila dibuat sama maka semakin banyak campurannya semakin besar keausannya. Dari tabel 2 kita dapat mengetahui bahwa keausan yang paling besar dijumpai pada komposisi 50%. Hal ini disebabkan terlalu banyaknya kandungan serbuk tempurung kelapa dibanding kandungan MgO-nya. Bahan yang terlalu banyak kandungan serbuk tempurung kelapa akan cepat mengalami keausan. Sedangkan pada komposisi 10% laju keausannya kecil, hal ini disebabkan pada komposisi tersebut terkandung MgO sebesar 50% dimana sifat MgO sangat keras dan tidak akan cepat aus.

Pada komposisi 30% serbuk tempurung kelapa, bahan friksi mempunyai laju keausan yang kecil. Waktu pengujiannya 12,3 detik dengan besarnya W_s sangat kecil yaitu 34,00 mm^2/kg . Begitu juga dengan komposisi 20% yang memiliki laju keausan sebesar 28,25 mm^2/kg dengan waktu pengausan 41 detik. Jadi kandungan yang paling optimum adalah pada komposisi 20% dan 30% serbuk tempurung kelapa. Nilai standar untuk tingkat keausan sebesar 5×10^{-4} sampai dengan $5 \times 10^{-3} mm^2/kg$ (Hutchings, 1992).

Bahan friksi dengan komposisi serbuk tempurung kelapa 10% mempunyai tingkat keausan yang paling rendah karena mempunyai tingkat kekerasan yang paling tinggi. Jadi semakin keras suatu bahan maka semakin kecil tingkat keausannya. Walaupun begitu bahan ini terlalu keras sehingga lama kelamaan akan merusak bagian yang lain pada motor.

Komposisi 50% mempunyai tingkat keausan yang paling besar karena hasil karakterisasi kekerasan memiliki nilai paling rendah karena rendahnya kandungan MgO. Komposisi serbuk tempurung kelapa 20 % mempunyai tingkat keausan yang rendah dan tingkat kekerasan yang sesuai standar sehingga pada komposisi ini adalah yang paling optimum. Kesimpulannya bahwa kandungan MgO sangat berperan penting dalam pembuatan bahan friksi.

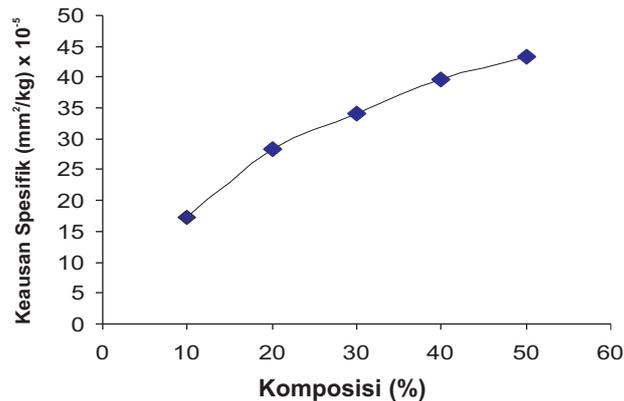
SIMPULAN

Kandungan optimum serbuk tempurung kelapa di dalam bahan friksi pada pembuatan kampas rem sepeda motor adalah 20% dan 30%. Komposisinya terdiri dari 30% serbuk tempurung kelapa, 40% resin dan 30% MgO serta 20% serbuk tempurung kelapa, 40% resin dan 40% MgO. Pada komposisi 30% bahan friksi memiliki tingkat kekerasan sebesar 58,8 $kgf.mm^{-2}$ dan tingkat keausan sebesar 34,00 mm^2/kg selama waktu pengausan 12,3 detik. Pada komposisi 20%, bahan friksi memiliki tingkat kekerasan sebesar 77,5 $kgf.mm^{-2}$ dan tingkat keausan sebesar 28,25 mm^2/kg selama waktu pengausan 41 detik.

Pengaruh komposisi baik pada sifat-sifat fisik (struktur dan topografi permukaannya) maupun sifat mekanik (kekerasan dan keausan) bahan friksi sangat dipengaruhi oleh besarnya kandungan MgO. Semakin banyak kandungan MgO maka semakin keras bahan tersebut dan semakin kecil keausannya. Dalam

Tabel 2. Hasil pengujian keausan dengan alat uji *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)*

Komposisi (%)	Waktu (s)	l_0 (mm)	Abrasion Groove Width b_0 (mm)	b_0^3	Specific Abrasion $W_s \times 10^{-5}$ (mm^2/kg)
10	12,3	30.000	7,5	421,875	17,27
20	41	100.000	13,2	2299,968	28,25
30	12,3	30.000	9,4	830,584	34,00
40	10,25	25.000	9,3	804,357	39,52
50	8,2	20.000	8,9	704,969	43,29



Gambar 3. Grafik hubungan antara laju keausan dengan komposisi serbuk tempurung kelapa.

penelitian ini, kandungan optimum dari serbuk tempurung kelapa maupun MgO-nya dapat dicapai. Semakin keras suatu bahan maka tingkat keausannya kecil dan struktur mikronya baik. Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa serbuk tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai alternatif serat penguat bahan friksi non asbes pada pembuatan kampas rem sepeda motor. Hal ini disebabkan karena serbuk tempurung kelapa mempunyai tingkat kekerasan ($50-80 \text{ kgf.mm}^{-2}$) dan keausan ($5 \cdot 10^{-4}-5 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$) yang mendekati nilai standarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hutchings, I.M. 1992. *Tribology Friction and Wear of Engineering Materials*. Lon-don: Hodder. Headline PLC
- Jacko, M.G., Tsang, P.H.S. and Rhee, S.K. 2003. *Automotive Friction Materials Evaluation during The Past Decade*. Troy: Allied Automotive Technical Center
- Lu, Y., Tang, C.F. and Wright, M.A. 2001. *Optimization of A Commercial Brake Pad Formulation*. Illionis: Center for Advanced Friction Studies, Southern Illionis University
- Lu, Y., & Tang. 2004. Combinatorial Screening of Ingredients for Steel Wool Based Semimetallic and Aramid Pulp Based Nonasbestos Organic Brake Materials. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 23 (1)
- Morshed, M.M & Haseeb, A.S.M.A. 2004. *Physical and Chemical Characteristics of Commercially Available Brake Shoe Lining Materials: A Comparative Study*. Dhaka: Materials and Metallurgical Department, Bangladesh University of Engineering and Technology
- Robinson, J.W., Mogensen, G.E. & Pa-ckard, K.D. 1990. Ceramics Fibers for Friction Applications. *Automotive Engineering*, 98 (12): 47-52
- Sumanto. 1994. *Pengetahuan Dasar Teknik Mesin*. Yogyakarta: Andi Offset