

IDENTIFIKASI SIFAT TRIBOLOGI DARI KARET VULKANISIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE UJI *PIN ON DISC*

Budi Setiyana

Laboratorium Perancangan dan Tribologi
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059
E-mail: bsetiyana@yahoo.com

Abstrak

Karet vulkanisir yang biasa dipakai untuk material ban kendaraan umumnya berupa karet kompon yang berasal dari karet murni yang diperkuat dengan karbon hitam dan silika. Berdasar kekerasannya, di pasaran ada 3 jenis kompon yaitu hard, medium dan soft. Penelitian ini hanya membahas tentang performa dari kompon hard, kompon soft dan sebagai pembanding yaitu karet bahan karpet. Adapun performa yang sangat penting untuk dianalisis adalah sifat tribologi dari karet yaitu kapasitas kontak dan ketahanan abrasi. Untuk aplikasinya pada ban kendaraan, kapasitas kontak berkaitan dengan kapasitas pengereman sedang ketahanan abrasi terkait dengan umur dari ban. Uji tarik dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui kekuatan bahan, untuk kemudian uji tribologi dilakukan menggunakan tribometer jenis pin on disc. Uji tribologi dilakukan dengan variasi jenis indenter (pin) dan variasi beban sampai jumlah putaran tertentu. Pengujian dilakukan untuk mencari koefisien gesek dan tingkat keausan karet selama dilakukan uji abrasi. Secara umum, karet vulkanisir tipe hard mempunyai ketahanan abrasi yang baik dibanding yang tipe soft. Tetapi disisi lain, karet vulkanisir tipe hard mempunyai koefisien atau kapasitas gesek yang lebih rendah dibanding yang tipe soft.

Kata kunci: *abrasi, pin on disc, tribologi, vulkanisir.*

1. PENDAHULUAN

Gesekan adalah fenomena yang sering ditemui ketika dua buah benda saling bersinggungan. Akibat yang ditimbulkan gesekan bisa bermacam-macam, misalnya kenaikan temperatur permukaan ataupun ausnya permukaan. Fenomena gesekan sering dijumpai pada gerak roda dengan jalan, poros dengan bantalan, *disc* dengan kampas rem dan masih banyak lagi. Keausan terjadi apabila terdapat dua buah benda saling menekan dan saling bergesekan. Faktor-faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan, tekanan, kekasaran permukaan dan kekerasan bahan. Gesekan yang terjadi akan menimbulkan panas yang juga mempercepat laju keausan.

Besarnya tingkat keausan suatu bahan dapat di uji dengan menggunakan alat uji keausan yaitu tribometer. Tribometer adalah nama umum yang diberikan kepada sebuah mesin atau perangkat yang di gunakan untuk melakukan uji gesek yang merupakan subyek dari studi tribologi. Ada bermacam-macam tipe tribometer seperti *pin on disc*, *pin on flat*, *pin on cylinder*, *thrust washer*, *pin into bushing*, *rectangular flats on rotating cylinder*, *crossed cylinder*, *four ball* (Mane dkk., 2013). Cara kerja alat uji tribometer tipe *pin on disc* cukup sederhana. *Pin* berfungsi sebagai indenter yang umumnya berupa benda yang lebih keras dibanding spesimen yang diuji. Indenter biasanya terbuat dari logam dengan bentuk ujungnya yang tertentu (Johnson, 1985). Spesimen uji dibuat berbentuk pelat piringan yang menempel pada *disc*. Saat dioperasikan, indenter diberi beban tertentu dan menyentuh spesimen uji yang berputar bersama *disc*, maka terjadilah gesekan. Gesekan yang terus menerus dan mendapat tekanan akan mengakibatkan keausan. Oleh karena itu tribometer disebut sebagai alat uji keausan.

Karet vulkanisir yang biasa dipakai untuk material ban kendaraan umumnya berupa karet kompon yang berasal dari karet murni yang diperkuat dengan karbon hitam dan silika (Gent, 1992). Berdasar kekerasannya, di pasaran ada 3 jenis kompon yaitu hard, medium dan soft. Penelitian ini hanya membahas tentang performa dari kompon hard, kompon soft dan sebagai pembanding yaitu karet bahan karpet. Adapun performa yang diuji adalah sifat tribologi dari masing-masing karet kompon yaitu kapasitas kontak yang berkaitan dengan koefisien gesek dan ketahanan abrasi yang berkaitan dengan laju keausan (Zhang, 2004). Untuk aplikasinya pada ban kendaraan, kapasitas kontak berkaitan dengan kapasitas pengereman sedang ketahanan abrasi terkait dengan umur

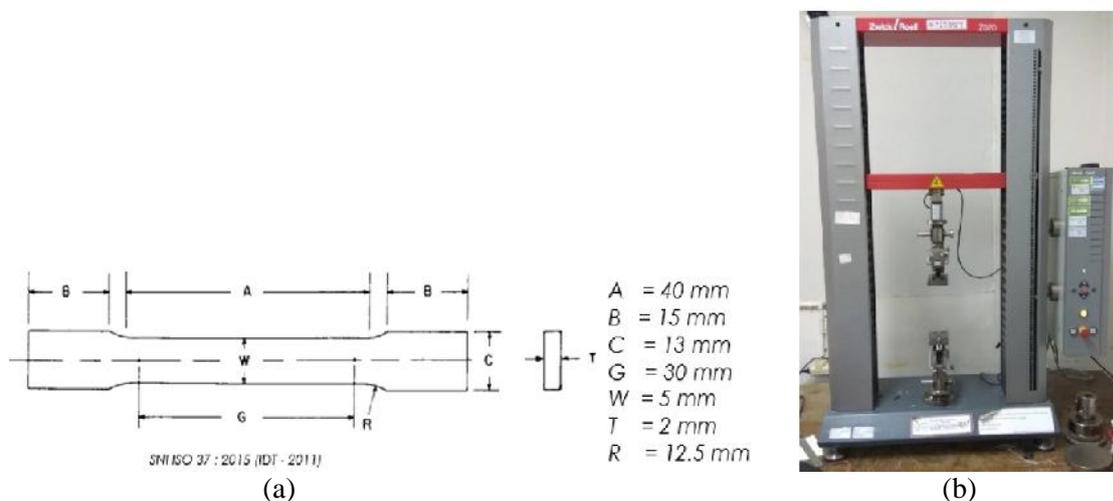
efektif dari ban (Blau, 2009). Secara ideal, sifat tribologi dari ban yang baik adalah yang mempunyai kapasitas pengereman yang tinggi dan umur yang panjang.

2. METODOLOGI

Untuk mengidentifikasi performa dari karet kompon, pengujian yang dilakukan adalah berupa uji tarik dan uji tribologi (uji gesek). Uji tarik dilakukan guna mencari kekuatan karet kompon, sedang uji gesek dilakukan guna mencari performa tribologi dari kompon tersebut.

2.1. Uji tarik

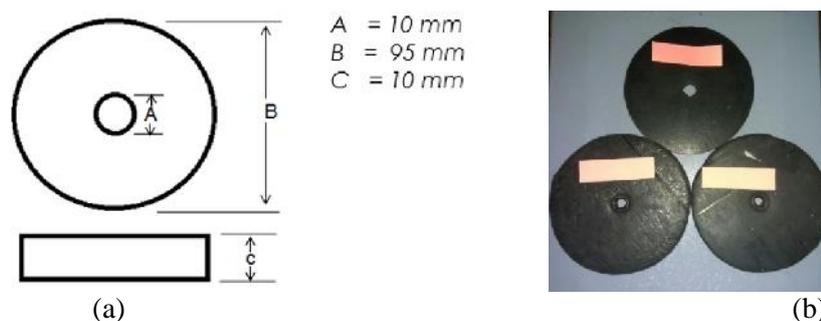
Uji tarik karet dilakukan di Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik (BBKKP) Yogyakarta dan dilakukan pada 3 jenis material karet yaitu tipe hard, tipe soft dan karet kompon untuk karpet. Masing-masing material dilakukan pengujian sebanyak 3 kali dan pengujian dilakukan sampai spesimen uji mengalami putus. Hasil yang didapat adalah kekuatan atau tegangan saat putus dan perpanjangan putus. Perpanjangan putus adalah perbandingan panjang spesimen saat putus dibagi dengan panjang mula-mula spesimen. Ukuran spesimen uji tarik dan foto mesin uji tarik karet diberikan pada gambar 1.



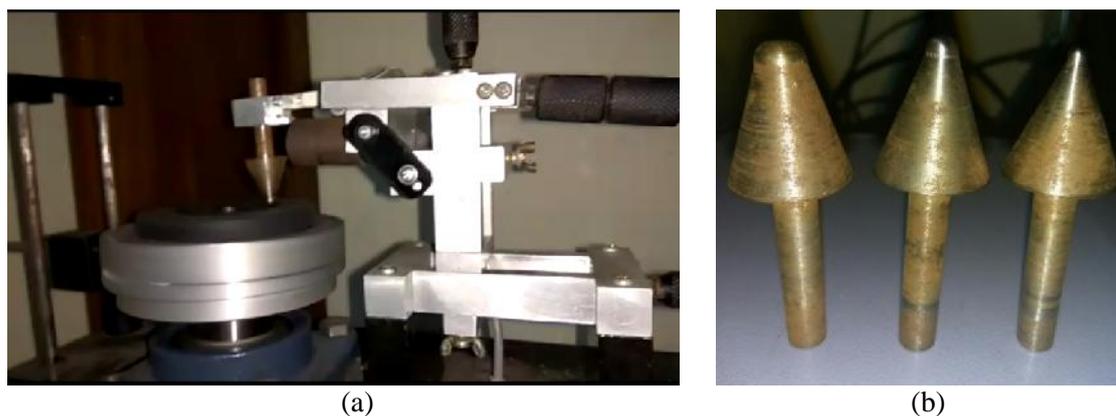
Gambar 1. Dimensi spesimen uji tarik (a) dan foto mesin uji tarik (b).

2.2. Uji abrasi

Material yang diuji adalah sama yang dipakai untuk uji tarik, yaitu karet kompon hard, karet kompon soft dan karet karpet. Dimensi dan spesimen untuk uji abrasi atau uji gesek diberikan pada gambar 2. Sedang mesin uji gesek atau abrasi (tribometer) dan indenter yang digunakan diberikan pada gambar 3. *Pin* berupa sebuah indenter dengan ujung yang berbentuk permukaan bola. Indenter yang digunakan ada 2 ukuran diameter ujung yaitu diameter 3 mm dan 6 mm. Besar putaran *disc* yang dipilih adalah 200 rpm, sedangkan pembebanan untuk indenter menggunakan 3 beban yaitu 100 gram, 300 gram dan 500 gram. Pengujian dilakukan sampai *disc* mengalami rotasi maksimum sebesar 10.000 putaran.



Gambar 2. Data dimensi spesimen uji (a) dan foto spesimen uji abrasi (b)

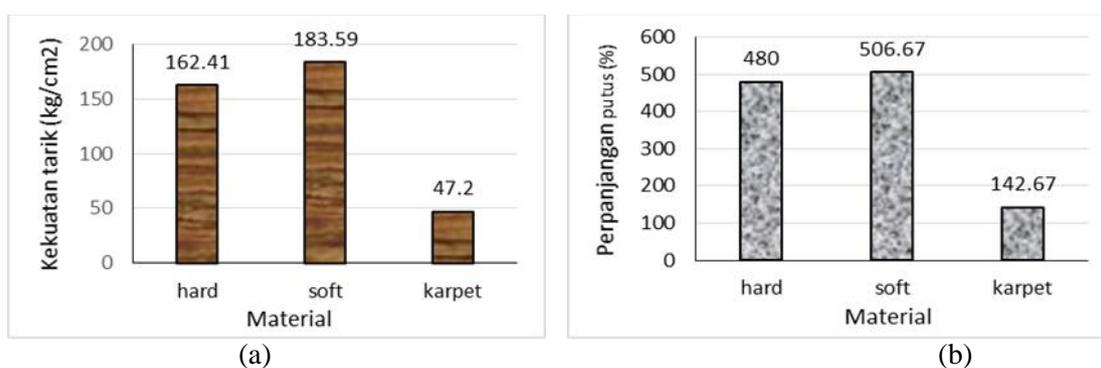


Gambar 3. Mesin uji abrasi *Pin On Disc* (a) dan Indenter (b).

Uji abrasi dilakukan dengan variasi jenis material karet, variasi beban indenter dan variasi diameter ujung indenter. Data yang diukur untuk uji abrasi adalah besar koefisien gesek dan berat karet yang hilang atau terkelupas akibat terjadinya aus selama uji abrasi. Dari data-data hasil pengujian ini, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari harga rata-rata koefisien gesek, laju keausan dan ketahanan abrasi (*abrasion resistance*). Hanya beberapa data hasil pengujian yang ditampilkan disini dengan tujuan untuk mencari sifat-sifat tribologi dari masing-masing jenis karet.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

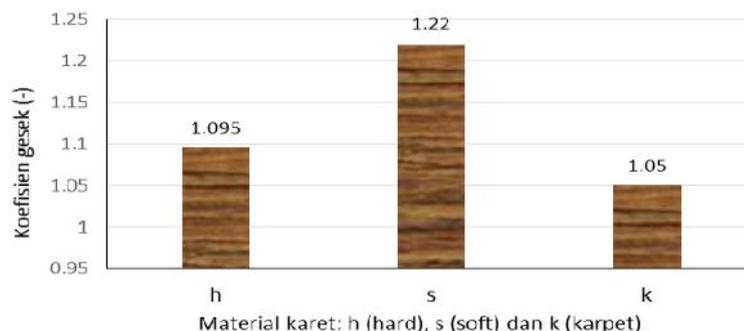
Hasil uji tarik untuk ketiga jenis material diberikan pada gambar 4, berupa kekuatan tarik dan perpanjangan putus. Dari gambar tersebut dapat kita lihat bahwa material soft memiliki nilai kuat tarik dan perpanjangan putus yang paling tinggi daripada material hard dan material karpet. Secara umum didapat bahwa untuk karet vulkanisir, material tipe soft lebih elastis dibanding yang tipe hard dan juga lebih ulet, karena kekuatan tariknya tinggi. Material karpet memiliki perbedaan nilai yang jauh daripada material hard dan soft dikarenakan material karpet memiliki kekerasan yang tinggi dan juga getas, sehingga material tersebut tidak bisa di gunakan sebagai bahan untuk vulkanisir ban.



Gambar 4. Diagram hasil uji tarik, kekuatan tarik (a) dan perpanjangan putus (b)

Nilai koefisien gesek hasil dari uji gesek atau uji abrasi diberikan pada gambar 5. Nilai koefisien gesek spesimen uji didapatkan dari hasil pengujian sifat tribologi menggunakan alat *pin-on-disc* berupa kontak gesek antara material uji yang menempel pada *disc* dengan *pin* yang terbuat dari baja ST 60. Nilai koefisien gesek didapatkan menggunakan software uji gesek yang digunakan saat pengujian keausan sedang dilakukan. Nilai yang ditampilkan adalah nilai rata-rata dari hasil pengujian dengan variasi beban dan radius ujung indenter. Dari grafik tersebut dapat di lihat bahwa material yang memiliki koefisien gesek terbesar adalah material soft, dikarenakan material soft bersifat sangat elastis dan bersifat lunak sehingga mempunyai bidang kontak yang lebih luas. Sifat lunak ini akan memberikan deformasi yang besar dari karet saat kontak, sehingga berakibat

memberikan gaya tangensial yang besar juga. Koefisien gesek yang besar ini akan memberikan kapasitas pengereman dan daya cengkraman yang kuat antar ban dan jalan.



Gambar 5. Diagram rata rata koefisien gesek untuk variasi material

Ketahanan abrasi berkaitan erat dengan tingkat keausan yang terjadi selama uji abrasi. Dalam aspek tribologi dikenal istilah laju keausan (*wear rate*), ketahanan abrasi (*abrasion resistance*) *AR* dan kemudahan terabrasi (*abradability*) *AA* (Zhang, 2004). Dalam penelitian ini, parameter-parameter tersebut didapat dari pengukuran berat bagian karet yang aus. Berat material karet yang aus didapat dengan mencari selisih berat spesimen sebelum diuji abrasi dikurangi berat spesimen setelah diuji abrasi (Liang dkk., 2009).

Dalam penelitian ini, parameter penting yang dianalisis adalah *abrasion factor* (*AF*), *abradability* (*AA*) dan *abrasion resistance* (*AR*). Nilai abrasion factor diberikan dengan rumus sbb,

$$AF = \frac{\Delta W}{N \times L} \quad (1)$$

dimana W adalah berat material yang hilang (gram), N adalah beban indenter (gram) dan L adalah panjang lintasan yang ditempuh oleh indenter (cm). Sedangkan *abradability* (*AA*) dirumuskan dengan,

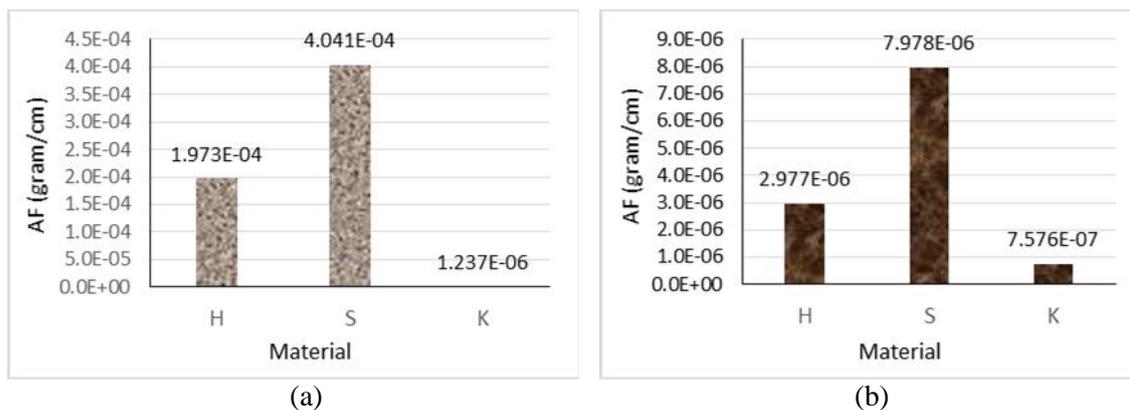
$$AA = \frac{\Delta W}{f \times N \times L} \quad (2)$$

dimana f adalah koefisien gesek. Sedangkan parameter penting lainnya adalah *abrasion resistance* (*AR*) didefinisikan sebagai berikut,

$$AR = \frac{f}{AF} = \frac{f \times N \times L}{\Delta W} \quad (3)$$

yang merupakan kebalikan dari nilai *abradability*.

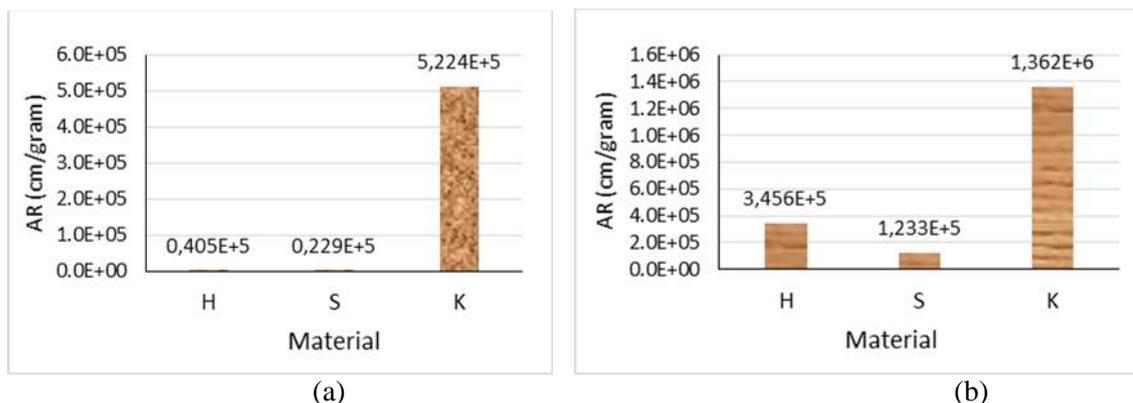
Berdasar rumus-rumus diatas, penelitian ini akan memaparkan hasil secara global tentang karakteristik dari masing-masing material karet yang diuji. Langkah pertama adalah mengukur berat material yang hilang dengan mencari selisih berat spesimen sebelum dan sesudah diuji. Kemudian menghitung panjang lintasan L dari lintasan kontak dengan mengalikan panjang keliling lintasan dengan jumlah putaran. Maka dengan data beban yang diberikan pada indenter dan koefisien gesek yang didapat sebelumnya, dapat dicari nilai *abrasion factor*, *abradability* dan *abrasion resistance*. Nilai abrasion factor untuk ketiga jenis material diberikan pada gambar 6, khusus hanya untuk beban 500 gram. Dari gambar terlihat bahwa nilai *AF* sangat tergantung pada diameter pin. Untuk diameter pin yang kecil, yaitu 3 mm nilai *AF* lebih tinggi dibanding yang diameter 6 mm. Diameter pin yang kecil akan menjadikan material karet lebih mudah terabrasi.



Gambar 6. Grafik rata rata *abrasion factor* untuk variasi material pada beban 500 gram (Untuk radius ujung indenter (a) 3 mm dan (b) 6 mm)

Dari gambar 6 terlihat bahwa nilai *abrasion factor* terbesar terjadi pada material soft dan yang paling kecil adalah material karet. *Abrasion factor* menunjukkan berat material yang aus (hilang) untuk satu satuan panjang lintasan selama uji abrasi. Istilah *abrasion factor* (AF) ini mirip dengan laju keausan atau *wear / abrasion rate*. Makin tinggi nilai AF maka material tersebut makin mudah aus atau mudah terabrasi. Istilah *abradability* juga mempunyai nilai yang sebanding dengan *abrasion factor*, yang nilainya sama dengan *abrasion factor* dibagi dengan koefisien gesek. Dapat disimpulkan bahwa material karet vulkanisir tipe soft mempunyai laju keausan yang lebih tinggi dibanding dengan yang tipe hard, sehingga material soft lebih cepat aus dipakai dibanding material hard.

Abrasion resistance atau ketahanan abrasi adalah tingkat ketahanan suatu material untuk sulit mengalami keausan saat mengalami abrasi. Makin tinggi nilai ketahanan abrasi, makin susah untuk mengalami aus. *Abrasion resistance* (AR) hasil pengujian diberikan pada gambar 7. Gambar ini hanya menampilkan ketahanan abrasi untuk beban 500 gram saja. Dari gambar terlihat bahwa secara umum, nilai AR paling tinggi terjadi pada material karpet, sedang untuk karet vulkanisir, ketahanan abrasi dari material tipe hard lebih tinggi dibanding yang tipe soft.



Gambar 7. Diagram nilai *abrasion resistance* pada variasi material pada beban 500 gram (Untuk radius ujung indenter (a) 3 mm dan (b) 6 mm)

Dengan melihat grafik di atas dapat di simpulkan bahwa material yang memiliki kekerasan yang tinggi juga memiliki ketahanan abrasi yang tinggi juga. Terlihat untuk uji abrasi dengan radius indenter 6 mm, pada material karpet yang memiliki ketinggian AR yang paling tinggi pada $1,362 \times 10^6$ cm/gram, material kedua yang memiliki AR tinggi kedua adalah hard yaitu $3,456 \times 10^5$ cm/gram dan material soft memiliki AR sebesar $1,233 \times 10^5$ cm/gram. Berdasar diameter pin, diameter yang besar akan memberikan ketahanan abrasi yang besar juga karena pin lebih tumpul

sehingga material karet sulit untuk terabrasi. Sebaliknya, untuk pin yang tajam (diameter 3 mm) akan cenderung menurunkan ketahanan abrasi.

Berdasarkan hasil uji tarik dan uji abrasi untuk ketiga jenis material karet diatas, dapat dipahami bahwa material untuk karpet sangat berbeda sekali dengan karet vulkanisir. Material karet untuk karpet mempunyai sifat yang sangat keras tapi getas, yang ditunjukkan oleh nilai perpanjangan putus yang rendah dan ketahanan abrasi yang tinggi. Material karet tipe hard untuk bahan ban kendaraan mempunyai sifat yang lebih keras dibanding yang tipe soft yang ditunjukkan dengan rendahnya perpanjangan putus, tetapi mempunyai ketahanan abrasi yang lebih baik. Tetapi material hard mempunyai daya cengkeram yang kurang dibanding yang tipe soft, sehingga kapasitas pengeremannya juga kurang. Sehingga kesimpulan utamanya adalah bahwa material hard lebih awet untuk dipakai tetapi daya cengkeramnya lebih rendah dibanding material tipe soft.

4. KESIMPULAN

Pada proses pengujian yang telah dilakukan, ada beberapa variasi parameter pengujian yang dikerjakan, yaitu variasi beban, variasi radius indenter dan variasi material. Tetapi secara umum, tulisan ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dari masing-masing jenis material yang diuji. Secara global, hasil yang didapat dari pengujian diatas adalah sebagai berikut:

- a. Material karet vulkanisir tipe hard memiliki tingkat ketahanan abrasi yang tinggi tetapi mempunyai daya cengkeram yang lebih rendah dibandingkan dengan material soft.
- b. Material soft memiliki kemampuan cengkeram yang tinggi tetapi ketahanan abrasinya lebih rendah dibanding tipe hard.
- c. Material karpet memiliki tingkat keausan terendah, karena memiliki tingkat kekerasan yang sangat tinggi dan bersifat sangat getas
- d. Material karet vulkanisir yang awet untuk bahan ban adalah material hard, sedang material soft bagus dari segi cengkaman, karena koefisien geseknya tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Blau, P.J., (2009), *Friction Science and Technology: From Concepts to Applications*, 2nd Ed., CRC Press, New York, pp. 183-219.
- Gent, A. N., (1992), *Engineering with Rubber, How to design rubber components*, 3rd Ed., Hanser Publication, Cincinnati, ISBN 978-3-446-42764-8.
- Johnson, K. L., (1985), *Contact Mechanics*, 9th Ed., University of Cambridge, Cambridge.
- Liang, H, Fukahori, Y, , A.G., Busfield, J.J.C., (2009), Rubber abrasion at steady state, *Wear*, 266, pp. 288–296
- Mané , Z, Loubet, J. L., Guerret, C., Guy, L., Sanseau, O., Odoni, L., Long, D. R. and Sotta, P., (2013), A new rotary tribometer to study the wear of reinforced rubber materials, *Wear*, 306, pp. 149–160.
- Zhang, S, W, (2004), *Tribology of Elastomer, Tribology and Interface Engineering Series*, 1st Ed., Elsevier, Amsterdam.