

STUDI PEMANFAATAN LIMBAH KACA DAN PISTON BEKAS SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF KANVAS REM SEPEDA MOTOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE METALURGI SERBUK

Gilang Gunawan¹, Putri Nawangsari², Dedy Masnur³

Casting and Solidification Technology Group

Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
gunawan.gilang55@gmail.com¹, putrinawangsari@gmail.com², dedymasnur@gmail.com³

Abstract

Waste glass and piston can be used as alternative material to non-asbestos motorcycle brake pads based on their properties. Waste glass used as a reinforce, the piston used as a filler, and phenolic resin used as a binder. Those materials were mechanically transformed into powder with 60,100, and 60 mesh respectively. The glass, piston, and phenolic resins powder were varied into five different compositions which are A (10% glass, 50% piston, 40% phenolic resin), B (20% glass, 40% piston, 40% phenolic resin), C (30% glass, 30% piston, 40% phenolic resin), D (40% glass, 20% piston, 40% phenolic resin), E (50% glass, 10% piston, 40% phenolic resin). The powder was mixed at 45 rpm for 30 minutes, then 166 Bar initial pressure was applied in single action for 2 minutes, next it was pressed at 196 Bar in single action hot compacting at 150° for 5 minutes holding time. The green bodies were sintered at 150°C for 4 hours, finally those samples were evaluated by hardness test and wear test. The results show, the composition A has the closest hardness and wear value to commercial products, 40.549 HVN and $8.826 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$ accordingly.

Keywords: Brake Pads, Waste Glass, Waste Piston

1. Pendahuluan

Limbah kaca ditemukan dalam bentuk pecahan botol kaca, piring kaca, gelas kaca, pecahan kaca lembaran, dan sebagainya. Berdasarkan estimasi dari 26 kota besar di Indonesia di hasilkan sampah sebanyak 38.5 juta ton pertahunnya dan dari jumlah tersebut, 0,7 juta ton merupakan sampah kaca [1]. Limbah kaca memiliki potensi dan dipandang strategis sebagai bahan dasar komposit yang kuat. Kaca yang didominasi oleh bahan penyusun silika (SiO_2) diatas 60% memiliki sifat unggul berupa titik lebur yang tinggi (1400°C - 1600°C) dan sifat mekanik yang sangat kuat [2]. Pemanfaatan limbah kaca belum maksimal, selama ini limbah kaca hanya dimanfaatkan sebagai bahan baku kerajinan tangan.

Piston merupakan salah satu komponen kendaraan bermotor yang digunakan sekali pakai. Limbah piston di Indonesia per tahun mencapai 6765.5 ton dan terus meningkat seiring peningkatan jumlah produksi akibat perkembangan industri otomotif. Piston terbuat dari paduan Aluminium Silikon (Al-Si). Paduan ini memiliki daya tahan terhadap korosi, abrasi/tahan aus, ringan, koefisien muai rendah, dan juga mempunyai kekuatan yang tinggi [3]. Pemanfaatan piston bekas belum maksimal, selama ini pemanfaatan piston bekas hanya sebatas pada proses peleburan ulang (*remelting*).

Kanvas rem merupakan salah satu komponen kendaraan bermotor yang berfungsi

untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan. Kanvas rem secara umum berbahan asbestos dan non-asbestos. Bahan kanvas rem yang terbuat dari asbestos membahayakan kesehatan karena dapat mengganggu kesehatan dan banyak negara-negara maju telah menghentikan produksi bahan gesek asbes, karena menyebabkan penyakit kanker pada paru-paru [4]. Kanvas rem harus memiliki sifat kekerasan, keausan, tahan korosi, mampu menahan tekanan serta mampu menghantarkan panas [5]. Penelitian untuk mencari material alternatif kanvas rem dengan performa yang baik serta tidak menimbulkan efek buruk bagi lingkungan harus dikembangkan. Beberapa tahun terakhir telah dikembangkan kanvas rem yang terbuat dari komposit dengan komposisi aluminium serta bahan keramik dengan tujuan untuk meningkatkan koefisien gesek.

Kanvas rem dengan komposisi serbuk tempurung kelapa 20%, serbuk Al 40%, resin 40% memiliki angka paling mendekati dengan kanvas rem pambanding. Komposisi ini memiliki angka keausan $0.071 \cdot 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{kg}$ serta memiliki angka kekerasan 16.8 kgf/mm^2 [6]. Kanvas rem berbahan dasar serbuk arang tempurung kelapa, serbuk aluminium bermatriks epoksi yang memiliki kandungan optimal mendekati kekerasan dan keausan dipasaran yaitu 60% serbuk aluminium, 30% serbuk arang tempurung kelapa dan 10% resin epoksi dengan harga kekerasan 8.65 kgf/mm^2 dan harga keausan $0.000001362 \text{ mm}^3/\text{kg}$ [7]. Kanvas

rem komposisi resin *phenolic* 20%, *palm slag* 40%, graphit 10%, serbuk baja 20% dan alumina 10% dengan memvariasikan tekanan kompaksi dan temperatur *sintering* diperoleh produk yang memiliki nilai kekerasan dan keausan mendekati produk komersial yaitu pada tekanan kompaksi 380 Bar dan temperatur sintering 150°C yaitu dengan nilai kekerasan 15.35 kgf/mm² dan keausan 4.777 x 10⁻⁶ g/mm².detik [8]. Serbuk tempurung kelapa, serbuk arang tempurung kelapa dan *palm slag* digunakan sebagai bahan alternatif kanvas rem karena memiliki kandungan SiO₂ yang tinggi yang baik digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik suatu komposit.

Penelitian tentang pemanfaatan limbah kaca dan piston bekas sebagai material alternatif kanvas rem non-asbestos untuk mendapatkan kanvas rem dengan performa yang baik serta tidak menimbulkan efek buruk bagi lingkungan dengan mempertimbangkan sifat yang dimiliki oleh kedua material tersebut perlu dilakukan, dengan parameter variasi komposisi akan diperoleh komposisi dengan sifat mekanik yang mendekati sifat mekanik produk komersial.

2. Metodologi

2.1 Persiapan Alat dan Bahan

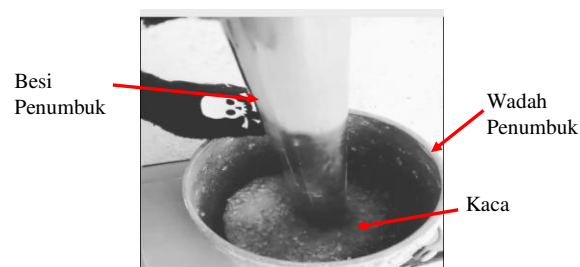
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gerinda Tangan, Mesin Bubut, Mesin *Bending* Pelat, Cetakan, *Tempering Furnace*, *Thermometer*, Ayakan, *Universal Hardness Tester*, Alat Uji Keausan *Pin On Disc*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah gelas kaca sebagai penguat (*reinforce*), piston bekas mobil ISUZU NKR71 sebagai pengisi (*filler*), dan resin *phenolic* sebagai pengikat (matriks).

2.2 Pembuatan Serbuk

2.2.1 Pembuatan serbuk kaca 60 mesh

Serbuk kaca diperoleh dari proses penumbukan secara mekanik limbah gelas kaca. Serbuk kaca kemudian diayak untuk mendapatkan ukuran serbuk 60 mesh. Proses pembuatan serbuk kaca dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pembuatan Serbuk Kaca 60 mesh

2.2.2 Pembuatan serbuk piston 100 mesh

Serbuk piston diperoleh dari proses penggerindaan piston bekas. Serbuk Piston kemudian diayak untuk mendapatkan ukuran serbuk 100 mesh. Proses pembuatan serbuk piston dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan Serbuk Piston 100 mesh

2.2.3 Pembuatan serbuk resin *phenolic* 60 mesh

Resin *phenolic* berbentuk bongkahan sebelum dijadikan serbuk. Pembuatan serbuk resin *phenolic* dilakukan secara mekanis yaitu dengan cara penggilingan. Serbuk resin *phenolic* kemudian diayak untuk mendapatkan ukuran serbuk 60 mesh. Proses pembuatan serbuk resin *phenolic* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pembuatan Serbuk Resin *Phenolic*

2.3 Penentuan Komposisi

Penentuan komposisi berdasarkan fraksi volume. Produk spesimen kanvas yang akan dibuat berbentuk silinder berdiameter 30 mm dan tebal 7 mm. Variasi dilakukan terhadap komposisi dalam 100% campuran. Variasi pada penelitian ini adalah dengan mengubah persentase serbuk kaca dan serbuk piston, sementara persentase resin *phenolic* tetap 40%. Variasi komposisi kanvas rem dapat dilihat pada Tabel 1.

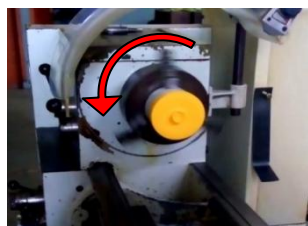
Tabel 1. Variasi Komposisi Kanvas Rem

Komposisi	Resin <i>Phenolic</i>	Serbuk Kaca	Serbuk Piston
A	40%	10%	50%
B		20%	40%
C		30%	30%
D		40%	20%
E		50%	10%

Serbuk kaca, serbuk piston dan serbuk resin *phenolic* yang telah dipersiapkan dan telah ditentukan massa masing-masing komposisinya selanjutnya dilakukan proses penimbangan. Penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0.001 g.

2.4 Proses Mixing

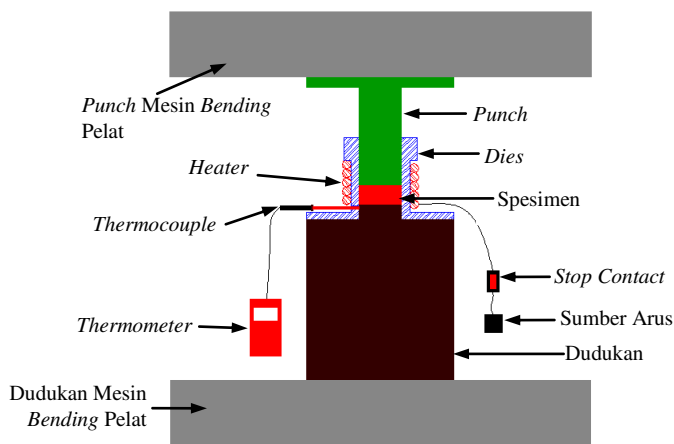
Serbuk kaca, serbuk piston dan serbuk resin *phenolic* yang telah ditimbang untuk setiap komposisinya kemudian *dimixing* hingga menghasilkan campuran yang homogen. Proses *mixing* dalam penelitian ini menggunakan metode *dry mixing* dengan memanfaatkan putaran *spindle* mesin bubut dengan kecepatan 45 rpm selama 30 menit. Proses *mixing* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses *Mixing*

2.5 Proses Kompaksi (*Compacting*)

Proses kompaksi menggunakan mesin *bending plat* sebagai mesin penekan. Proses kompaksi menggunakan cetakan yang telah dirancang menyesuaikan dudukan dan alur *punch* mesin *bending* pelat serta dirancang menyesuaikan dimensi produk spesimen kanvas rem. Metode kompaksi yang digunakan ialah metode *hot compacting single action*. Tekanan kompaksi awal 166 Bar selama 2 menit dan tekanan kompaksi akhir 196 Bar kemudian ditahan selama 5 menit pada temperatur 150°C. Sumber panas diperoleh dari *heater* yang terpasang mengelilingi cetakan. Proses kompaksi ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema Proses Kompaksi

2.6 Proses Sintering

Green body dipanaskan pada temperatur $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$ dari temperatur leleh resin *phenolic* (matriks) untuk meningkatkan sifat mekanik. Proses pemanasan dilakukan di dalam *Tempering furnace* yang dilengkapi dengan sistem kontrol temperatur. Proses *sintering* dilakukan pada temperatur 150°C dan di *holding* selama 4 jam. Proses *sintering* dapat dilihat pada Gambar 6.



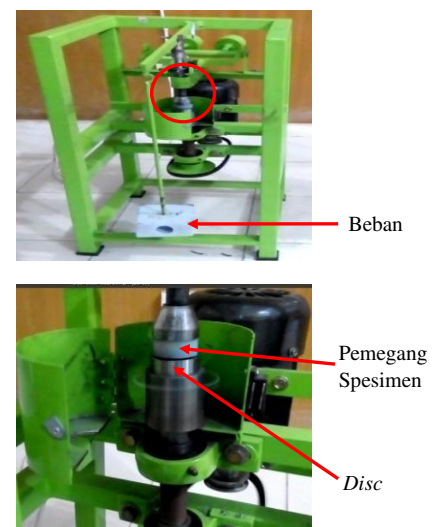
Gambar 6. Proses *Sintering*

2.7 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada produk spesimen kanvas rem serta pada produk kanvas rem komersial sebagai produk pembanding. Pengujian dilakukan sebanyak 5 titik pada setiap spesimen. Pengujian kekerasan menggunakan metode *vickers* (ASTM E 92-82) dengan beban penekanan sebesar 15.625 kgf dan lama waktu penekanan 30 detik.

2.8 Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan pada produk spesimen kanvas rem serta pada produk kanvas rem komersial sebagai produk pembanding. Pengujian keausan menggunakan metode *Pin On Disc* (ASTM D 3702-95). Massa beban yang diberikan sebesar 3.6 kg, kecepatan putaran *disc* 800 rpm dan jarak lintasan yang ditempuh 1000 m. Proses pengujian keausan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses Uji Keausan

3. Hasil dan Pembahasan

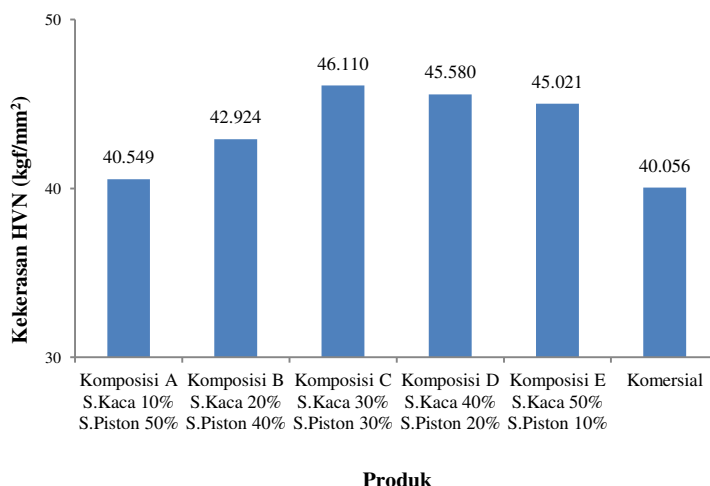
Produk spesimen kanvas rem hasil proses metalurgi serbuk dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Produk Hasil Proses Metalurgi Serbuk

3.1 Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekerasan

Grafik data pengujian kekerasan terhadap masing-masing komposisi produk dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Data Pengujian Kekerasan Terhadap Komposisi Produk Kanvas Rem

Penambahan persentase SiO_2 secara teoritis akan meningkatkan nilai kekerasan komposit. Gambar 9 menunjukkan komposisi A, B dan C mengalami kenaikan nilai kekerasan. Komposisi C merupakan komposisi dengan nilai kekerasan paling besar, dapat dikatakan bahwa persentase maksimal serbuk kaca untuk menghasilkan kekerasan maksimum produk kanvas rem berada pada komposisi C dengan persentase serbuk kaca 30%. Penambahan lebih lanjut persentase serbuk kaca dari komposisi C mengakibatkan nilai kekerasan menurun. Hal ini terjadi pada komposisi D dan E. Keadaan seperti ini dapat terjadi karena jumlah serbuk kaca yang terlalu banyak akan menyebabkan kontak antar permukaan serbuk kaca dengan matriks tidak terjadi sempurna, sehingga ikatan permukaan antara serbuk kaca dan matriks akan berkurang yang menyebabkan menurunnya

nilai kekerasan. Komposit dengan jumlah penguat melebihi batas maksimal menyebabkan kontak permukaan antara penguat dan matriks tidak terjadi sempurna sehingga ikatan permukaan antara penguat dan matriks akan berkurang yang menyebabkan kekuatan tarik menurun. Kekuatan tarik berbanding lurus dengan kekerasan [9].

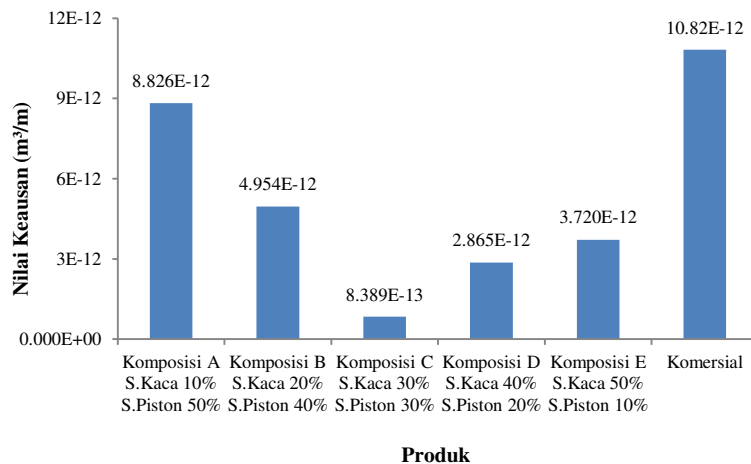
Penggunaan serbuk piston dalam komposisi kanvas rem pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan daya tahan terhadap korosi, abrasi/tahan aus, ringan, koefisien muai rendah, dan juga untuk meningkatkan kekuatan kanvas rem karena terdapat unsur Si didalamnya, namun sedikit pengaruhnya terhadap nilai kekerasan.

Gambar 9 dilihat dari komposisi serbuk kaca dan serbuk piston, komposisi A (serbuk kaca 10%, serbuk piston 50%), B (serbuk kaca 20%, serbuk piston 40%), C (serbuk kaca 30%, serbuk piston 30%), D (serbuk kaca 40%, serbuk piston 20%), E (serbuk kaca 50%, serbuk piston 10%). Produk komposisi A, B dan C mengalami peningkatan kekerasan. Komposisi A, B dan C memiliki persentase serbuk piston lebih besar dan sama dengan persentase serbuk kaca. Ukuran serbuk piston yang lebih kecil memiliki luas permukaan kontak yang lebih luas dibandingkan dengan ukuran serbuk kaca, sehingga mampu mengisi rongga-rongga kosong (pori) yang terbentuk antar serbuk kaca dan matriks sehingga transfer tegangan antara penguat dan matriks terjadi lebih baik yang menyebabkan sifat mekanik komposit meningkat. Komposisi D dan E, persentase pengisi lebih sedikit dibandingkan persentase penguat, sehingga rongga-rongga yang terbentuk antar penguat maupun antara penguat dan matriks lebih banyak dibandingkan jumlah pengisi. Hal ini menyebabkan transfer tegangan antara pengikat dan matriks semakin rendah sehingga terjadi penurunan sifat mekanik. Ukuran partikel yang lebih kecil akan memiliki luas permukaan kontak yang besar sehingga dapat terdispersi lebih baik ke dalam matriks [10].

Nilai kekerasan produk komersial sebesar 40.056 HVN, nilai ini merupakan nilai kekerasan paling rendah dari seluruh spesimen uji. Komposisi A merupakan nilai kekerasan paling mendekati nilai kekerasan produk komersial dengan selisih sebesar 0.493HVN dari produk komersial. Nilai kekerasan komposisi A masih diatas nilai kekerasan produk komersial, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh nilai kekerasan yang lebih optimal mendekati nilai kekerasan produk komersial. Penelitian dapat dilakukan dengan memvariasikan persentase serbuk kaca dibawah 10% , dapat juga dengan memvariasikan parameter lainnya seperti tekanan kompaksi serta waktu *mixing*.

3.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian keausan

Grafik data pengujian keausan terhadap masing-masing komposisi produk dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Data Pengujian Keausan Terhadap Komposisi Produk Kanvas Rem

Nilai keausan berbanding terbalik dengan nilai kekerasan. Semakin keras suatu material maka semakin sulit permukaan material untuk terdegradasi sehingga semakin kecil nilai keausannya. Gambar 10 menunjukkan pada komposisi A, B dan C mengalami penurunan nilai keausan, sementara komposisi D dan E mengalami kenaikan nilai keausan. Hal ini berbanding terbalik dengan nilai kekerasan yang diperlihatkan pada Gambar 9. Komposisi A, B dan C memiliki persentase serbuk kaca yang menyebabkan nilai kekerasan meningkat dengan kekerasan maksimal pada komposisi C. Semakin keras suatu komposit berarti semakin baik ikatan antar penguat dan matriks yang menyebabkan komposit sulit untuk terdegradasi saat diberi beban pengausan. Komposisi D dan E memiliki persentase serbuk kaca yang terlalu tinggi melebihi batas maksimum penguat yang menyebabkan kekerasan menurun. Komposit dengan jumlah penguat melebihi batas maksimum akan menyebabkan kontak antar permukaan penguat dengan matriks tidak terjadi sempurna sehingga ikatan permukaan antara penguat dan matriks akan berkurang yang menyebabkan peningkatan degradasi saat diberi beban pengausan.

Komposisi A, B dan C memiliki persentase serbuk piston yang lebih besar dan sama dengan persentase serbuk kaca. Ukuran serbuk piston yang lebih kecil memiliki luas permukaan kontak yang lebih luas dibandingkan dengan ukuran serbuk kaca, sehingga mampu mengisi rongga-rongga kosong (pori) yang terbentuk antar serbuk kaca dan matriks sehingga transfer tegangan antara penguat

dan matriks terjadi lebih baik yang menyebabkan sifat mekanik komposit meningkat yang menyebabkan komposit sulit untuk terdegradasi saat diberi beban pengausan. Komposisi D dan E, persentase pengisi lebih sedikit dibandingkan persentase penguat, sehingga rongga-rongga yang terbentuk antar penguat maupun antara penguat dan matriks lebih banyak jumlahnya dibandingkan jumlah pengisi. Hal ini menyebabkan transfer tegangan antara pengikat dan matriks semakin rendah sehingga terjadi penurunan sifat mekanik yang menyebabkan peningkatan degradasi saat diberi beban pengausan.

Nilai keausan produk komersial sebesar 10.82×10^{-12} , nilai ini merupakan nilai keausan paling besar dari seluruh spesimen uji. Komposisi A merupakan nilai keausan paling mendekati nilai keausan produk komersial dengan selisih sebesar $1.994 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$ dari produk komersial. Nilai keausan komposisi A masih dibawah nilai keausan produk komersial, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh nilai keausan yang lebih optimal mendekati nilai keausan produk komersial. Penelitian dapat dilakukan dengan memvariasikan persentase serbuk kaca dibawah 10% , dapat juga dengan memvariasikan parameter lainnya seperti tekanan kompaksi serta waktu *mixing*.

4. Simpulan

Simpulan dari hasil penelitian ini adalah komposisi produk kanvas rem yang memiliki nilai sifat mekanik optimum mendekati nilai sifat mekanik produk kanvas rem komersial adalah produk komposisi A dengan komposisi serbuk kaca 10%, serbuk piston 50%, dan serbuk resin *phenolic* 40%. Hasil uji kekerasan menunjukkan nilai kekerasan produk komposisi A sebesar 40.549 HVN sementara nilai kekerasan produk komersial sebesar 40.056 HVN. Hasil uji keausan menunjukkan nilai keausan produk komposisi A sebesar $8.826 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$, sementara nilai keausan produk komersial sebesar $10.82 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Riau dan PT. Minamas Plantation-Sime Darby Group atas bantuan dana dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] KNLH. 2008. *Statistik Persampahan Indonesia*.

- [2] Kumagai S. & Sasaki, J. 2009. *Carbon/Silica composite fabricated from rice husk by means of binderless hot-pressing*, Bioresource Technol 100: 3308–3315.
- [3] Solechan. 2010. Studi Pembuatan Material Piston Menggunakan Limbah Piston Bekas dan ADC 12 yang diperkuat dengan Insert ST 60 dan Besi Cor. *Jurnal RETII 4*. Vol 4, No 1, hal 213-219.
- [4] Sutikno. 2008. Pengaruh Komposisi Serbuk Tempurung Kelapa Terhadap Sifat-Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Gesek Non Asbes untuk Aplikasi Kampas Rem Sepeda Motor. *Profesional, Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan*, Vol. 6, No. 2, hal. 893-904.
- [5] Telang A. K, Rehman A, Dixit G, Das S. 2010. Alternate Materials in Automobile Brake Disc Applications With Emphasis on Al Composites-A Technical Review. *Journal of Engineering Research and Studies*. India.
- [6] Santoso, Esriyanto. E, Wijayanto. D. S. 2013. *Studi Pemanfaatan Campuran Serbuk Tempurung Kelapa-Aluminium Sebagai Material Alternatif Kampas Rem Sepeda Motor Non-Asbestos*. UNS.
- [7] Wahyudi. T. 2010. *Pembuatan dan Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Kampas Rem dengan Bahan Dasar Serbuk Al, Arang Tempurung Kelapa dengan Matriks Epoxy*. Surakarta: Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [8] Barasa, F., Badri, M., Yohanes. 2014. Kaji Pembuatan Kanvas Rem Sepeda Motor Bahan Komposit Dengan Filler Palm Slag. *Jom FTEKNIK* Volume 1 No. 2 Oktober 2014.
- [9] Hildayati, dkk. 2009. *Sintesis dan Karakterisasi Bahan Komposit Karet Alam-Silika*. Seminar Nasional Pascasarjana IX-ITS.
- [10] Yusmaniar & Suryani M, P., 2012. *Pemanfaatan Silika Dari Sekam Padi Pada Komposit Poliester Tak Jenuh-Silika*. JRSKT Vol.2 No.2.