

PENGARUH FRAKSI VOLUME KOMPOSIT SERBUK CANGKANG KELAPA SAWIT/EPOKSI TERHADAP KEKERASAN DAN LAJU KEAUSAN

Mastariyanto Perdana, Nurzal

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada Kandis, Nanggalo, Padang
email: mastariyanto.perdana@gmail.com

Submission: 11-12-2018, Reviewed: 15-01-2019, Accepted: 11-02-2019
<https://doi.org/10.22216/jit.2019.v13i1.3297>

Abstract

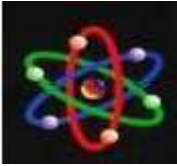
Natural composite is one of materials that have been utilized in the engineering field. Utilization of natural composite is due to nature of environmentally friendly and better on mechanical properties. The aim of this study was determine the effect of volume fraction of composite-based oil palm shell powder to hardness and wear rate. In this study, the main materials of composite are oil palm shells as a reinforcement and epoxy resin as binders. Oil palm shells are crushed into powder with size 420-595 μm . Variation of volume fraction between oil palm shell and epoxy are 45%:55%, 50%:50% and 55%:45%. The results showed that composite hardness was increasing with the addition of oil palm shell powder composition. Hardness of composites based oil palm shell powder/epoxy at volume fractions of 45%:55%, 50%:50% and 55%:45% are 10.69 VHN, 11.64 VHN, and 12.36 VHN, respectively. Wear rate of composites decreases with the addition of oil palm shell composition. Wear rate of composite based oil palm shell powder/epoxy at a volume fraction of 45%:55%, 50%:50% and 55%:45% are $4.7 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{s}$, $2.5 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{s}$, and $1.9 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{s}$, respectively. Analysis of fracture surface of composite has been done using Scanning Electrone Microscope.

JEL Classification : O13, O14, L62

Keyword: Composite powder, volume fraction, palm shell, hardness, wear rate

Abstrak

Komposit alam merupakan salah satu material yang telah dimanfaatkan pada bidang keteknikan. Pemanfaatan komposit alam ini tidak terlepas dari sifat ramah terhadap lingkungan dan sifat mekanik yang relatif baik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari fraksi volume komposit berbahan dasar serbuk cangkang kelapa sawit terhadap kekerasan dan laju keausan. Pada penelitian ini, bahan utama dari material komposit adalah cangkang kelapa sawit sebagai pengikat (reinforcement) dan resin epoksi sebagai pengikat (binder). Cangkang kelapa sawit dihaluskan menjadi serbuk dengan ukuran 420-595 μm . Variasi fraksi volume antara cangkang kelapa sawit dan epoksi adalah 45%:55%, 50%:50%, dan 55%:45%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan komposit semakin meningkat dengan penambahan komposisi serbuk cangkang kelapa sawit. Kekerasan dari komposit serbuk cangkang/epoksi pada fraksi volume 45%:55%, 50%:50% dan 55%:45% berturut-turut sebesar 10.69 VHN, 11.64 VHN, dan 12.36 VHN. Laju keausan dari komposit semakin menurun dengan penambahan komposisi serbuk cangkang kelapa sawit. Laju keausan dari komposit serbuk cangkang/epoksi pada fraksi volume 45%:55%, 50%:50% dan 55%:45% berturut-turut sebesar $4.7 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{dt}$, $2.5 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{dt}$, dan $1.9 \times 10^{-7} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{dt}$.



10^{-7} g/mm².dt. Pengamatan permukaan patahan dari komposit telah dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM).

JEL Classification : O13, O14, L62

Kata Kunci: Komposit serbuk, fraksi volume, cangkang sawit, kekerasan, laju keausan

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komodi ekspor penghasil devisa negara Indonesia. Luas perkebunan sawit dari tahun ke tahun terjadi peningkatan. Pada tahun 2014 luas perkebunan sawit di Indonesia mencapai 10.754.801 Ha dan meningkat menjadi 11.300.370 Ha pada tahun 2015 (Perkebunan 2015). Peningkatan luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia akan berdampak juga dengan peningkatan produksi kelapa sawit. Peningkatan produksi kelapa sawit pada tahun 2015 sebesar 2 juta ton dari tahun 2014. Jumlah produksi kelapa sawit Indonesia pada tahun 2014 sebesar 29,27 juta ton sedangkan jumlah produksi kelapa sawit pada tahun 2015 adalah 31,28 juta ton (BPS 2016).

Seiring dengan peningkatan jumlah produksi kelapa sawit, maka limbah yang dihasilkan dari tanaman kelapa sawit juga meningkat. Salah satu limbah dari tanaman kelapa sawit adalah cangkang kelapa sawit. Umumnya limbah cangkang kelapa sawit ini digunakan sebagai pupuk dan bahan bakar boiler. Limbah berupa cangkang kelapa sawit ini jika diolah bisa dijadikan produk yang lebih bernilai ekonomis. Cangkang kelapa sawit tersebut bisa diaplikasikan pada bidang keteknikan. Salah satu material berbahan dasar dari cangkang kelapa sawit yang bisa diaplikasikan pada bidang keteknikan adalah material komposit alam.

Penelitian telah banyak dilakukan dengan memanfaatkan material alam yang yang terbuang dijadikan material yang bernilai guna. Pemanfaatan limbah-limbah alam seperti tandan kosong kelapa sawit, batang tanaman pisang, serat kelapa, serat rami dan serat alam lainnya telah banyak dilakukan sebagai bahan dasar material komposit polimer (Thakur et al. 2014)(Bongarde & Shinde 2014)(Sanjay et al. 2016). Penelitian tentang komposit dari limbah serat kelapa telah dilakukan untuk material penyerap bunyi (Mamtaz et al. 2016). Penelitian tentang material komposit dari limbah/ampas tanaman tebu juga telah dilakukan untuk aplikasi pada bodi kendaraan (Perdana & Yulsardi 2015). Penelitian lain tentang pemanfaatan limbah adalah pemanfaatan limbah sekam padi untuk dijadikan silika gel dan pemanfaatan limbah tempurung kelapa dijadikan sebagai arang aktif untuk bahan *pack carburizing* (Fahmi & Nurfalih 2016) (Hafni & Hadi 2016)

Limbah cangkang sawit juga bisa diaplikasikan sebagai material komposit. Material komposit dari cangkang sawit ini diharapkan nantinya bisa diaplikasikan sebagai material dasar kampas rem sepeda motor. Cangkang kelapa sawit ini akan digabungkan dengan polimer yaitu epoksi untuk dijadikan sebuah material komposit. Karena nantinya material komposit cangkang sawit/epoksi akan diaplikasikan pada kampas rem, maka pada penelitian ini akan dibahas tentang pengaruh dari



variasi fraksi volume komposit bebahan dasar serbuk cangkang kelapa sawit/epoksi terhadap kekerasan dan laju keausan.

Komposit alam bebahan dasar cangkang kelapa sawit pada penelitian ini dijadikan partikel/serbuk sebagaimana target awal dari penelitian ini yaitu diaplikasikan sebagai material alternatif kampas rem sepeda motor. Penelitian tentang komposit untuk aplikasi material yang bergesekan telah banyak dilakukan. Laju keausan dari komposit serat pisang/serat glass/epoksi dan serat jute/serat glass/epoksi telah dilakukan, dimana hasil menunjukkan terjadi penurunan laju keausan komposit dengan penambahan fraksi volume dari penguat/*reinforcement* (Babu et al. 2017). Komposit serat sisal/epoksi telah diteliti, hasil menunjukkan bahwa peningkatan beban gesek, kecepatan gesek dan jarak gesek pada pengujian komposit serat sisal/epoksi menyebabkan peningkatan laju keausan dan penurunan koefisien gesek dari komposit (Maurya et al. 2017).

Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan adalah pengujian mekanik (kekerasan) dan pengujian tribologi (laju keausan). Hubungan antara sifat mekanik dengan sifat tribologi dari komposit serat sawit/ telah diuji, hasil menunjukkan bahwa sifat mekanik yang baik akan membuat sifat tribologi menjadi baik, namun hubungan antara sifat mekanik tidak terlalu berkorelasi terhadap sifat tribologi material (Alajmi & Shalwan 2015). Komposit hibrid bebahan dasar

serat sisal, jute dan hemp dengan komposisi 12%, 24% dan 36% diuji laju keausannya, hasil menunjukkan bahwa komposisi 36% serat sisal, jute dan hemp memberikan sifat tribologi yang baik (laju keausan yang rendah) dibandingkan dengan komposit yang mempunyai komposisi 12% dan 24% (Gouda et al. 2014). Laju keausan komposit serat daun kelapa sawit diuji, penambahan komposisi serat daun kelapa sawit menurunkan laju keausan sampai komposisi optimum pada komposisi 26% (Mohanty et al. 2014).

Cangkang kelapa sawit pada penelitian ini dijadikan dalam bentuk partikel/serbuk. Bentuk serbuk lebih memberikan sifat mekanik yang baik terhadap komposit dan serat mikro (ukuran partikel) lebih efektif dalam menaikkan sifat mekanik dan ketahanan gesek dari suatu komposit material jika diberi perlakuan air (Liu et al. 2015)(Liu et al. 2017). Semakin banyak permukaan penguat (*reinforcement*) yang berikatan dengan pengikat (*binder*) atau dikenal dengan istilah *interfacial bonding* maka akan meningkatkan sifat mekanik dari material komposit tersebut. Jika suatu serat diubah/dijadikan dalam bentuk partikel/serbuk maka akan semakin banyak permukaan dari serat tersebut untuk berikatan langsung dengan pengikat/matriks.

METODE PENELITIAN

Material

Pada penelitian ini, Material komposit dibuat dari material serbuk



cangkang kelapa sawit dan resin epoksi. Cangkang kelapa sawit berfungsi sebagai material penguat (*reinforcement*) pada komposit dan resin epoksi berfungsi sebagai material pengikat (*binder*) pada komposit. Cangkang kelapa sawit didapat dari perkebunan rakyat di daerah Solok Selatan, Sumatera Barat. Resin epoksi yang digunakan adalah resin epoksi dengan massa jenis 1.12 g/cm^3 . Resin epoksi disuplai dari PT. Brataco Chemica. Cangkang kelapa sawit yang dijadikan sebagai bahan dasar material komposit pada penelitian ini berbentuk serbuk/partikel. Cangkang kelapa sawit dibersihkan dan dikeringkan, kemudian dilakukan proses *blending* untuk mengubah cangkang kelapa sawit menjadi partikel dengan ukuran berkisar $420 - 595 \mu\text{m}$.

Prosedur Penelitian

Proses fabrikasi komposit alam pada penelitian ini menggunakan metode

No	Fraksi Volume Komposit (%)	Kekerasan (VHN)
1	45:55	10.69
2	50:50	11.64
3	55:45	12.36

compression molding dengan pembebanan 40 kg (Perdana & Handra 2016). Resin epoksi dipanaskan sampai temperatur 50°C selama 15 menit. Kemudian serbuk cangkang kelapa sawit dicampur dengan epoksi hingga tercampur merata. Variasi fraksi volume antara serbuk cangkang kelapa sawit dengan epoksi adalah 45%:55%, 50%:50% dan 55%:45%.

Material komposit berbahan dasar serbuk cangkang sawit/epoksi dilakukan

pengujian kekerasan dan laju keausan, kemudian dibandingkan hasil pengujian dengan kekerasan dan laju keausan material kanvas rem yang dijual dipasaran. Pengujian kekerasan dilakukan dengan *micro hardness tester* tipe vickers dengan beban 9,81 N. Pengujian laju keausan dilakukan dengan alat uji gesek pada Laboratorium Teknik Mesin Institut Teknologi Padang. Analisa *fracture surface* (permukaan patahan) dari material komposit berbahan dasar cangkang kelapa sawit ini dilakukan menggunakan *Scanning Electrone Microscope* (SEM).

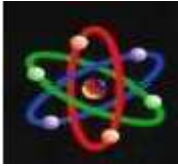
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kekerasan

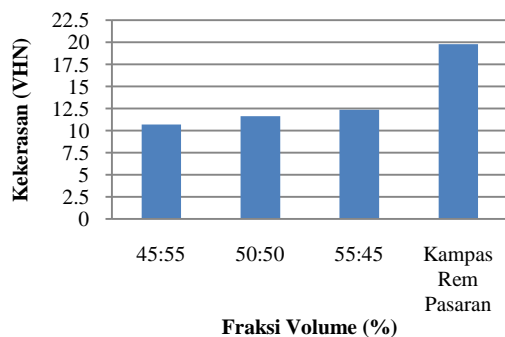
Hasil pengujian kekerasan dari komposit berbahan dasar serbuk cangkang sawit dan resin epoksi ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai kekerasan tertinggi pada komposit cangkang sawit/epoksi dengan fraksi volume 55%:45%. Nilai kekerasan terendah pada komposit cangkang sawit/epoksi dengan fraksi volume 45%:55%.

Tabel 1. Kekerasan komposit serbuk cangkang kelapa sawit/epoksi

Gambar 1 menunjukkan grafik hasil pengujian kekerasan terhadap variasi fraksi volume dari material komposit serbuk cangkang sawit/epoksi. Semakin tinggi komposisi serbuk cangkang sawit maka menyebabkan semakin tinggi nilai kekerasan dari material komposit. Penambahan fraksi volume dari serbuk cangkang kelapa sawit menyebabkan terjadinya peningkatan kekerasan dari



komposit. Seiring dengan penelitian sebelumnya kekerasan komposit ampas tebu/polyester meningkat dari komposisi tebu 5%-10% dan menurun dari komposisi 15%-20% (Oladele 2014).



Gambar 1. Kekerasan komposit serbuk cangkang kelapa sawit/epoksi

Kekerasan dari material penguat dalam pengujian ini adalah serbuk cangkang kelapa sawit, lebih dominan mempengaruhi kekerasan dari komposit ini disebabkan karena cangkang kelapa sawit mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dari kekerasan pengikat dimana dalam penelitian ini pengikatnya adalah resin epoksi. Semakin banyak penambahan dari komposisi serbuk cangkang kelapa sawit, menyebabkan semakin rapatnya partikel-partikel dari cangkang sawit sehingga membuat kekerasan dari komposit semakin tinggi. Kampas rem yang beredar di pasaran digunakan sebagai pembanding pada penelitian ini. Pengujian kekerasan mikro vickers juga dilakukan untuk material kampas rem pasaran. Hasil pengujian kekerasan, didapatkan nilai kekerasan dari kampas rem tersebut adalah sebesar 19.8 VHN. Hasil ini

menunjukkan bahwa kekerasan dari material kampas rem pasaran masih lebih tinggi dari material komposit berbahan dasar serbuk cangkang kelapa sawit.

Pengujian Laju Keausan

Hasil pengujian laju keausan dari komposit berbahan dasar serbuk cangkang sawit dan resin epoksi ditunjukkan pada Tabel 2. Laju keausan tertinggi pada komposit cangkang sawit/epoksi dengan fraksi volume 45%:55% dan nilai kekerasan terendah pada komposit cangkang sawit/epoksi dengan fraksi volume 55%:45%.

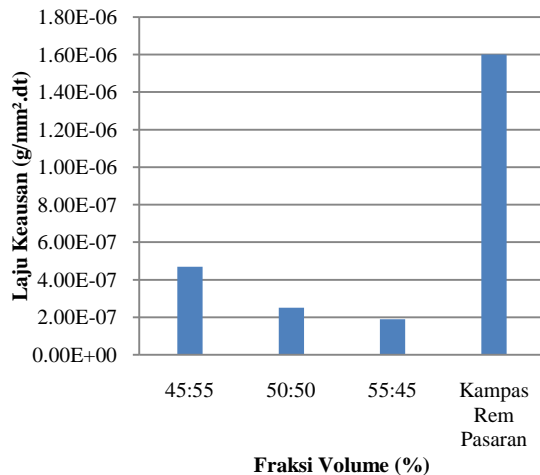
Tabel 2. Laju keausan komposit serbuk cangkang kelapa sawit/epoksi

No	Fraksi Volume Komposit (%)	Laju Keausan ($\text{g}/\text{mm}^2.\text{dt}$)
1	45:55	4.7×10^{-7}
2	50:50	2.5×10^{-7}
3	55:45	1.9×10^{-7}

Gambar 2 menunjukkan grafik hasil pengujian gesek dengan nilai laju keausan terhadap variasi fraksi volume dari material komposit serbuk cangkang sawit/epoksi. Hubungan antara fraksi volume dan laju keausan komposit adalah berbanding terbalik. Begitu juga dengan kekerasan komposit, dimana semakin tinggi kekerasan dari komposit serbuk cangkang sawit/epoksi, maka nilai laju keausan akan semakin menurun. Dari hasil pengujian gesek didapatkan nilai laju keausan komposit serbuk cangkang sawit/epoksi menurun seiring dengan penambahan dari komposisi serbuk



cangkang kelapa sawit. Penurunan laju keausan komposit ini sesuai dengan nilai kekerasan komposit, dimana semakin tinggi kekerasan material maka akan semakin rendah laju keausan dari material tersebut.



Gambar 2. Laju keausan komposit serbuk cangkang kelapa sawit/epoksi

Partikel-partikel cangkang sawit yang keras memberikan kekerasan yang tinggi pada material komposit sehingga menyebabkan laju keausan (pengurangan berat/volume) material komposit akan semakin rendah. Pengujian gesek untuk mendapatkan nilai laju keausan juga dilakukan untuk material kampas rem pasaran. Hasil pengujian gesek, didapatkan nilai laju keausan dari kampas rem pasaran adalah sebesar 1.6×10^{-6} g/mm².dt. Hasil ini menunjukkan bahwa laju keausan dari material kampas rem pasaran lebih tinggi dari material komposit berbahan dasar serbuk cangkang kelapa sawit. Hasil ini mengindikasikan bahwa material komposit serbuk

cangkang sawit/epoksi lebih baik dari kampas rem pasaran dari segi laju keausan. Syarat material yang baik diaplikasikan untuk kampas rem salah satunya adalah material yang memiliki nilai laju keausan yang rendah.

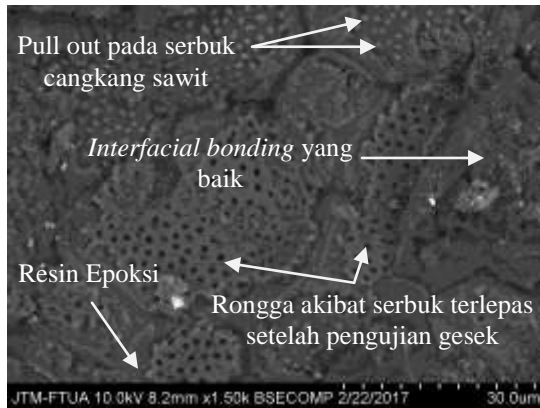
Material kampas rem pasaran memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari material komposit serbuk cangkang sawit/epoksi, tetapi laju keausan kampas rem pasaran lebih tinggi dari material komposit serbuk cangkang sawit/epoksi. Laju keausan yang rendah pada komposit serbuk cangkang sawit/epoksi karena dipengaruhi oleh ikatan yang baik antara serbuk cangkang sawit dengan resin epoksi. Pada saat material komposit serbuk cangkang sawit/epoksi dilakukan pengujian gesek, serbuk cangkang sawit dan epoksi berikatan dengan baik sehingga sangat sedikit massa/volume komposit yang terbuang. Sedangkan untuk material kampas rem pasaran, walaupun kekerasannya lebih tinggi dari komposit serbuk cangkang sawit/epoksi tetapi laju keausannya lebih tinggi. Ini dikarenakan kurang baiknya interfacial bonding antara material penyusun kampas rem pasaran. Dari hasil laju keausan, komposit serbuk cangkang sawit/epoksi bisa diaplikasikan sebagai kampas rem sepeda motor

Fracture Surface (Permukaan Patahan) Komposit

Pengamatan dari *fracture surface* komposit serbuk cangkang sawit/epoksi dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electrone Microscope* (SEM). Setelah dilakukan pengamatan *fracture surface*

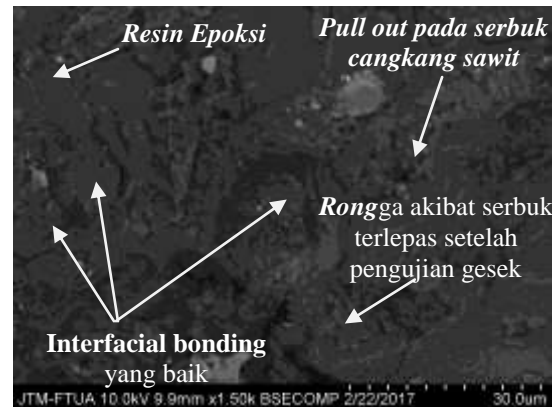


material komposit serbuk cangkang sawit/epoksi, maka dilakukan analisa berupa *interfacial bonding* (ikatan antar muka), *pull-out* dan rongga yang terjadi antara serbuk cangkang sawit dan resin epoksi.



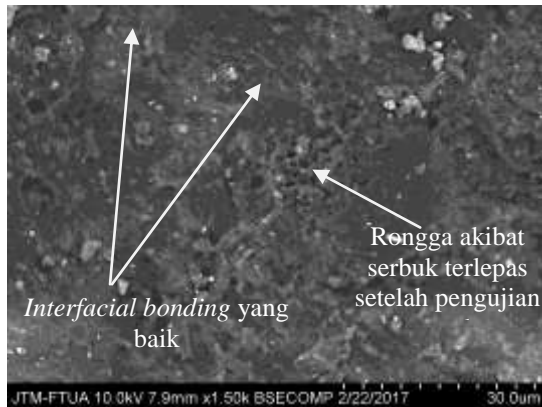
Gambar 3. *Fracture surface* komposit serbuk cangkang sawit/epoksi 45%:55%

Gambar 3 menunjukkan foto SEM *fracture surface* komposit serbuk cangkang/epoksi fraksi volume 45%:55%. Pada permukaan patahan komposit fraksi volume 45%:55% ini terlihat *interfacial bonding* antara penguat dan pengikat belum baik. Ini ditandai dengan banyaknya *pull-out* dan rongga yang terlihat foto SEM komposit. Pada saat dilakukan pengujian gesek, banyak serbuk cangkang sawit terlepas dari resin epoksi sehingga laju keausannya lebih tinggi dari laju keausan komposit dengan fraksi volume 50%:50% dan 55%:45%. Karena kurang baiknya *interfacial bonding* pada material penyusun komposit, maka menyebabkan laju keausan komposit menjadi tinggi.



Gambar 4. *Fracture surface* komposit serbuk cangkang sawit/epoksi 50%:50%

Gambar 4 menunjukkan foto SEM dari *fracture surface* komposit serbuk cangkang/epoksi fraksi volume 50%:50%. Pada foto SEM terlihat masih ada *pull-out* serbuk cangkang dan rongga pada komposit sebagai akibat lepasnya ikatan antara serbuk cangkang sawit dan resin epoksi. Fenomena ini menunjukkan bahwa masih ada beberapa bagian pada komposit yang kurang baik ikatan antara penguat dan pengikatnya (*low interfacial bonding*). Dibandingkan dengan komposit dengan fraksi volume 45%:55%, komposit fraksi volume 50%:50% memiliki *pull-out* dan rongga yang lebih sedikit. Komposit fraksi volume 50%:50% mempunyai *interfacial bonding* yang baik dibandingkan dengan komposit 45%:55%. Semakin baik *interfacial bonding* maka menyebabkan laju keausan semakin rendah.



Gambar 5. *Fracture surface* komposit serbuk cangkang sawit/epoksi 55%:45%

Gambar 5 menunjukkan foto SEM dari *fracture surface* komposit serbuk cangkang/epoksi fraksi volume 55%:45%. Foto SEM menunjukkan adanya sedikit rongga setelah dilakukan pengujian gesek pada komposit sebagai akibat terlepasnya serbuk cangkang sawit dari resin epoksi. Umumnya setiap bagian komposit pada foto SEM telah mempunyai ikatan yang baik antara penguat dan pengikat. Ini dapat disimpulkan bahwa *interfacial bonding* antara serbuk cangkang sawit dan resin epoksi telah sempurna. *Interfacial bonding* yang sempurna tersebut membuat laju keausan komposit fraksi volume 55%:45% lebih rendah dari fraksi volume 50%:50% dan 45%:55%. Laju keausan yang rendah sangat cocok jika komposit ini diaplikasikan pada material yang mendapatkan gesekan tinggi.

SIMPULAN

Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa serbuk cangkang sangat mempengaruhi dan laju keausan dari

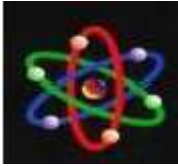
komposit. Kekerasan komposit semakin meningkat dengan penambahan komposisi serbuk cangkang kelapa sawit. Kekerasan dari komposit serbuk cangkang/epoksi pada fraksi volume 45%:55%, 50%:50% dan 55%:45% berturut-turut sebesar 10.69 VHN, 11.64 VHN, dan 12.36 VHN. Nilai laju keausan komposit berbanding terbalik dengan nilai kekerasan komposit. Laju keausan dari komposit semakin menurun dengan penambahan komposisi serbuk cangkang kelapa sawit. Laju keausan dari komposit serbuk cangkang/epoksi pada fraksi volume 45%:55%, 50%:50% dan 55%:45% berturut-turut sebesar 4.7×10^{-7} g/mm².dt, 2.5×10^{-7} g/mm².dt, dan 1.9×10^{-7} g/mm².dt. *Interfacial bonding* antara serbuk cangkang sawit dengan epoksi semakin baik seiring dengan penambahan komposisi dari serbuk cangkang sawit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh civitas akademika Institut Teknologi Padang dan pihak yang telah banyak membantu dalam operasional dan facilities support pada proses pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alajmi, M. & Shalwan, A., 2015. Correlation Between Mechanical Properties with Specific Wear Rate and the Coefficient of Friction of Graphite/Epoxy Composites. *Materials*, 8, pp.4162–4175.
- Babu, T.N. et al., 2017. Specific Wear Rate of Epoxy Resin Based Composites Reinforced with Natural Fibers and Uni-Axial Glass Fibers



- for Biomedical Applications. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(3), pp.729–740.
- Bongarde, U.S. & Shinde, V.. ., 2014. Review on natural fiber reinforcement polymer composites. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, 3(2), pp.431–436.
- BPS, 2016. *Indonesian Oil Palm Statistic*.
- Fahmi, H. & Nurfalah, A.L., 2016. Analisa Daya Serap Silika Gel Berbahan Dasar Abu Sekam Padi. *Jurnal Iptek Terapan, Kopertis Wilayah X*, 3(3), pp.176–182.
- Gouda, A.T. et al., 2014. Wear Study on Hybrid Natural Fiber Polymer Composite Materials Used As Orthopaedic Implants. *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology*, 3(1), pp.25–33.
- Hafni & Hadi, S., 2016. Kalsium Karbonat pada Pack Carburizing Terhadap Microstructure. *Jurnal Iptek Terapan, Kopertis Wilayah X*, 10(1), pp.1–7.
- Liu, F., Deng, S. & Zhang, J., 2017. Mechanical Properties of Epoxy and Its Carbon Fiber Composites Modified by Nanoparticles. *Journal of Nanomaterials*, 2017, pp.14–16.
- Liu, N. et al., 2015. Effects of nano-sized and micro-sized carbon fibers on the interlaminar shear strength and tribological properties of high strength glass fabric / phenolic laminate in water environment. *COMPOSITES PART B*, 68, pp.92–99. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.composite.sb.2014.08.035>.
- Mamtaz, H. et al., 2016. Acoustic Absorption of Natural Fiber Composites. *Journal of Engineering*, 2016, pp.1–11.
- Maurya, H.O., Jha, K. & Tyagi, Y.K., 2017. Tribological Behavior of Short Sisal Fiber Reinforced Epoxy Composite. *Polymers and Polymer Composites*, 25(3), pp.215–220.
- Mohanty, J.R., Das, S.N. & Das, H.C., 2014. Effect of Fiber Content on Abrasive Wear Behavior of Date Palm Leaf Reinforced Polyvinyl Pyrrolidone Composite. *ISRN Tribology*, 2014, pp.1–10.
- Oladele, I.O., 2014. Effect of Bagasse Fibre Reinforcement on the Mechanical Properties of Polyester Composites. *The Journal of the Association of Professional Engineers of Trinidad and Tobago*, 42(1), pp.12–15.
- Perdana, M. & Handra, N., 2016. Pengaruh Variasi Beban Penekanan Terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrid Berbasis Serbuk Ampas Tebu dan Kalsium Karbonat (CaCO₃). In *Seminar Nasional Universitas Pasir Pangaraian 2016*.
- Perdana, M. & Yulsardi, R.P., 2015. Pengaruh Fraksi Volume Penguat Terhadap Kekuatan Lentur Green Composite Untuk Aplikasi Pada Bodi Kendaraan. *Jurnal Iptek Terapan, Kopertis Wilayah X*, 3, pp.71–77.
- Perkebunan, D.J., 2015. *Tree Crop Estate*



Statistics of Indonesia 2014-2016,
Available at:
http://ditjenbun.pertanian.go.id/tiny_mcpuk/gambar/file/statistik/2016/SAWIT_2014-2016.pdf.

Sanjay, M.R. et al., 2016. Applications of Natural Fibers and Its Composites : An Overview. *Journal Natural Resources*, 7, pp.108–114.

Thakur, V.K., Thakur, M.K. & Gupta, R.K., 2014. Review: Raw Natural Fiber–Based Polymer Composites. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 19(3), pp.256–271. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/1023666X.2014.880016#tabModule>.