

Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Karakteristik Komposit Bahan Alternatif Kampas Rem Berpenguat Serat Bambu

Moh Fawaid¹, Sunardi², Shafnur Hamdi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
fawaid80@gmail.com¹, parikesit_ka@yahoo.co.id², amdi_asdu@yahoo.com³

ABSTRAK

Peningkatan volume kendaraan memberikan peluang usaha di bidang produksi sparepart atau suku cadang, salah satu suku cadang yang memiliki life time yang pendek adalah kampas rem, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan komposit bahan alternatif kampas rem dengan harga terjangkau, ramah lingkungan dan memiliki karakteristik sama seperti kampas rem yang ada dipasaran, bahan baku yang digunakan adalah bambu betung (*Dendrocalamus asper*) pada bagian pangkal. Untuk mendapatkan karakteristik sampel kampas rem yang memenuhi standar perlu dilakukan beberapa variasi penelitian, yaitu variasi tekanan kompaksi. Sampel komposit Reinforced Bamboo (RB) yang tersusun oleh 28% serbuk bambu, 2% serbuk Zn, 40% resin epoxy dengan penguat 30% serat bambu. Variasi kompaksi dilakukan pada tekanan 200, 300 dan 400 kg/cm². Proses kompaksi dilakukan dengan metode cold press single punch. Pengujian yang dilakukan terhadap bahan yaitu laju keausan, kekerasan bahan, nilai densitas serta porositas. Dari hasil pengujian diperoleh sampel yang memiliki nilai karakteristik terbaik yang mendekati karakteristik kampas rem yang ada dipasaran, yaitu sampel RB1 yang tersusun oleh 28% serbuk bambu, 2% serbuk Zn, 40% resin epoxy dengan penguat 30% serat bambu dan dikompaksi pada tekanan 200 kg/cm², sampel RB1 memiliki nilai kekerasan 10.97 BHN, laju keausan 3.59×10^{-6} g/mm².s, densitas 1.32 g/cm³ dan porositas 1.512 %

Kata kunci: komposit, kampas rem, Bambu betung, kompaksi

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya peningkatan volume kendaraan memberikan peluang usaha di bidang produksi sparepart atau suku cadang. Kampas rem kendaraan biasanya terbuat dari material komposit serbuk (*partikularkomposit*) karena memiliki sifat yang lebih homogen. Pembuatan kampas rem biasanya dilakukan dengan proses cetak tekan tertutup. Besar penekanan atau biasa disebut tekanan kompaksi sangat berpengaruh pada struktur dan karakteristik komposit kampas rem. Pemberian tekanan kompaksi yang kecil akan mengakibatkan keretakan-keretakan pada spesimen uji sehingga tidak layak untuk dilakukan pengujian. Kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi diperoleh seiring meningkatnya tekanan kompaksi (Setiawan, 2009).

Bambu merupakan tanaman jenis rumput-rumputan dengan rongga dan ruas di batangnya dan populasinya cukup tinggi di Indonesia. Bambu betung (*Dendrocalamus asper*) adalah salah satu jenis bambu

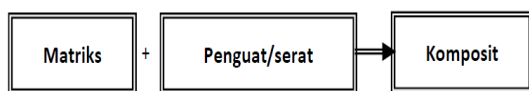
yang mudah ditemukan di wilayah Indonesia. Bambu betung memiliki sifat keras yang lebih baik dibandingkan dengan jenis bambu lainnya. Bambu betung memiliki ruas yang cukup panjang dengan diameter batang 8-20 cm dan tinggi batang 20-30m sehingga banyak masyarakat menggunakan sebagai bahan bangunan. Kebanyakan masyarakat hanya menggunakan bagian tengah hingga ujung batang. Sedangkan bagian pangkal (bagian bawah) tidak dipakai karena memiliki tebal dan berat yang berlebihan. Selain itu kebanyakan masyarakat juga tidak tahu cara pengolahan pangkal bambu, sehingga ketersediaan pangkal bambu betung sangat melimpah dan mudah didapatkan di daerah pedesaan. dan berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk-produk yang ramah lingkungan.

Uraian diatas menjelaskan bahwa dengan melimpahnya ketersediaan pangkal bambu betung sehingga perlu dikembangkan penggunaannya menjadi suatu produk yang lebih bermanfaat, seperti menjadi serbuk dan serat penguat komposit bahan alternatif

kampas rem, untuk mendapatkan karakteristik kampas rem optimum perlu dilakukan beberapa varian, pada penelitian ini dilakukan variasi tekanan kompaksi.

2. KAJIAN PUSTAKA

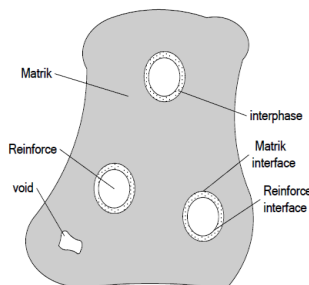
Komposit adalah bahan yang terdiri dari dua atau lebih bahan penyusun yang diproses secara terpisah dan diikat bersama-sama untuk mencapai sifat unggul dari bahan penyusunnya (Groover, 2007). Umumnya struktur komposit terdiri dari partikel atau serat dari satu fase dicampur dengan fase kedua yang disebut *matriks*.



Gambar 1. Skema pembentuk komposit

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Jenis dari *matriks* yang digunakan dalam material komposit dapat menentukan sifat dominan dari material komposit dan dapat mengontrol sifat yang diinginkan dari material komposit yang terbentuk. Menurut *ASM Handbook vol. 21* (2001), fungsi matriks adalah untuk mentransfer tegangan ke *reinforce*, membentuk ikatan koheren pada permukaan *matriks* dan *reinforce* serta untuk melindungi *reinforce*.

Penguat (*reinforce*) adalah material yang memiliki kekuatan yang baik sehingga pada saat material komposit menerima beban atau gaya akan ditransfer oleh matriks menuju penguatnya. Fungsi penguat pada material komposit adalah sebagai penahan beban, selain itu penguat juga digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan material. Mekanisme penguatan dan pengerasan dari *reinforce* yaitu dengan menghalangi pergerakan dislokasi (*ASM Handbook Vol 21, 2001*).



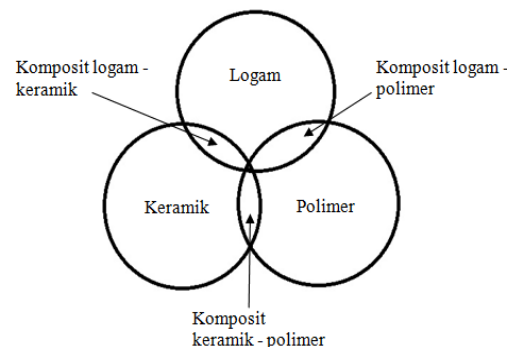
Gambar 2. Fasa-fase dalam komposit

Setiap material komposit memiliki lapisan *interface* yang merupakan lapisan antar muka antara matriks dan penguat. *Interface* adalah lapisan antar muka

matriks dan penguat yang memberikan kekuatan pada material komposit sehingga memiliki sifat mekanis yang bagus dan pada aplikasinya dapat digunakan untuk bahan-bahan yang bisa menerima pembebanan (Jang Kim Kyo, 1998).

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa lapisan *interface* material komposit berada diantara partikel penguat dan matriks.

2.1 Klasifikasi Komposit

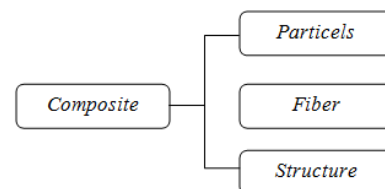


Gambar 3. Diagram bahan dasar komposit

Berdasarkan pengertian dari komposit yang menerangkan bahwa komposit adalah bahan yang terdiri dari dua atau lebih bahan penyusun, pada (Gambar 3) dapat dilihat tiga bahan dasar yang bisa dipadukan untuk membentuk komposit.

Komposit dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu klasifikasi komposit berdasarkan matriksnya dan klasifikasi berdasarkan unsur penguatnya. Klasifikasi komposit berdasarkan matriksnya diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu:

- Komposit bermatriks polimer (*Polymer Matrix Composites/PMCs*).
- Komposit bermatriks logam (*Metal Matrix Composites/MMCs*).
- Komposit bermatriks keramik (*Ceramic Matrix Composites/CMCs*).



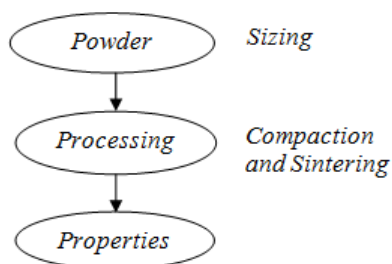
Gambar 4. Klasifikasi komposit berdasarkan penguatnya

Berdasarkan unsur penguatnya komposit dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian utama seperti tersaji pada Gambar 4, yaitu:

- a. FRC (*Fiber Reinforced Composite*),
Merupakan komposit yang fasa penguatnya berupa serat.
- b. LRC (*Laminar Reinforced Composite*)
Merupakan komposit yang fasa penguatnya berupa lapisan (*laminat*).
- c. PRC (*Particulate Reinforced Composites*),
Merupakan komposit yang fasa penguatnya berupa partikel.

2.2 Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk adalah teknik pembentukan logam dimana bahan logam dibuat dengan ukuran partikel yang halus. Proses pembentukan adalah bahan serbuk dimasukan ke dalam cetakan kemudian dilakukan kompaksi. Setelah dilakukan kompaksi, serbuk membentuk *green body* yang sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. *Green body* tersebut disinter pada temperatur tertentu, proses *sintering* bertujuan agar terjadi pergerakan antar partikel serbuk dan penguat untuk membentuk gabungan atau ikatan yang lebih kompak dan padat. Tahapan proses metalurgi serbuk secara umum dapat dilihat pada (Gambar 5) diagram alir metode metalurgi serbuk.



Gambar 5. Diagram alir metalurgi serbuk

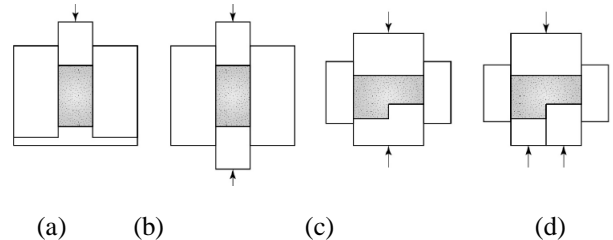
2.4 Proses kompaksi

Proses kompaksi adalah menempatkan serbuk sehingga serbuk akan saling melekat dan rongga udara antar partikel akan terdorong keluar. Semakin besar tekanan kompaksi, jumlah udara di antara partikel akan semakin sedikit, namun porositas tidak mungkin mencapai nol. Berdasarkan cara kompaksi dapat dibagi dalam dua cara yaitu :

1. *Hot compaction* (kompaksi dengan temperatur)
2. *Cold compaction* (kompaksi tanpa temperatur)

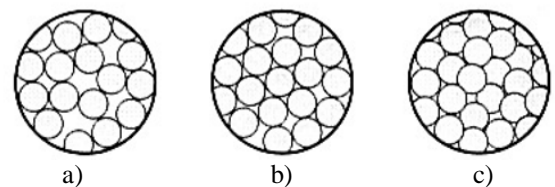
Kompaksi dapat dilakukan dengan satu arah sumbu atau dua arah sumbu. Kompaksi dua arah ini bisa jadi dengan arah berlawanan. Kebanyakan proses kompaksi menggunakan penekan atas dan bawah. Pada (Gambar 6) terlihat berbagai jenis kompaksi yaitu (a) *single punch*, (b) dan (c) *double punches* dan (c) *multiple punches*. Penekan bawah sekaligus berfungsi

sebagai injektor untuk mengeluarkan benda yang telah dicetak.



Gambar 6. Jenis-jenis kompaksi

Faktor yang mempengaruhi proses kompaksi adalah ukuran partikel, bentuk partikel, susunan partikel dan distribusi ukuran. Pada awal proses pembentukan, serbuk memiliki kepadatan yang sama dengan kepadatan serbuk lepas. Saat tekanan diberikan, respon pertama adalah penyusunan ulang partikel-partikel dimana pada proses ini pori-pori yang besar terisi serbuk, sehingga akan memberikan kepadatan yang tertinggi. Peningkatan tekanan memberikan kepadatan yang lebih baik dan mengarah ke penurunan pori-pori dengan adanya formasi kontak partikel baru. Gambar 7 menunjukan proses pembentukan kepadatan serbuk logam.



Gambar 7. Tahapan Proses Kompaksi a. Preparation, b. Start Compaction, c. Completed Compaction (Groover, 2007)

Pada penelitian ini proses kompaksi dilakukan secara *cold compaction* satu arah, dimana *punch* bagian atas bergerak menekan ke bawah, sementara *punch* bagian bawah tetap.

2.5 Sintering

Proses *sintering* merupakan merupakan metode pembuatan material dari serbuk yang dilakukan setelah proses pemadatan (kompaksi) yaitu dengan pemanasan sehingga terbentuk ikatan partikel yang kuat. Selama *sintering* terdapat dua fenomena utama yaitu pertama adalah penyusutan (*shrinkage*) yaitu proses eliminasi porositas dan yang kedua adalah pertumbuhan butiran. Pemilihan temperatur *sinter* agar terjadinya ikatan antar partikel sangat tergantung pada jenis material yang digunakan, pemilihan temperatur *sinter* berkisar antara $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ titik leleh (*melting point*).

2.6 Bahan Penyusun

2.6.1 Bambu betung (*dendrocalamos asper*)

Bambu betung (*Dendrocalamos asper*) adalah salah satu jenis bambu yang mempunyai nilai potensi ekonomi, bambu betung mempunyai rumpun yang agak rapat, ukurannya lebih besar dan tinggi dari pada jenis bambu lainnya. Tanaman ini dapat dijumpai tumbuh mulai dari daerah dataran rendah hingga dataran tinggi (2000 meter). Adapun komposisi kimia bambu betung terdiri atas 53% holoselulosa, 19% pentosan, 25% lignin dan 3% abu.

2.6.2 Seng (Zn)

Penggunaan *Zinc* pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan, *Zinc* merupakan unsur logam yang terdapat pada Tabel Periodik sebagai "Zn," dengan nomor atom 30 dan berat atom 65.37, dan mencair pada temperatur 463°C. Seng biasanya berwarna abu-abu metalik, tetapi dapat dipoles dengan perak agar mengkilat. Di alam, itu hanya ditemukan sebagai senyawa kimia, bukan sebagai seng murni, maka perlu pengolahan lebih lanjut.

2.6.3 Resin Epoxy

Resin *epoxy* adalah bahan termoset yang digunakan secara luas dalam aplikasi komposit struktural karena memiliki kombinasi unik dan sifat yang berbeda dengan resin termoset lainnya. *Epoxy* memiliki kekuatan tinggi, penyusutan rendah, adhesi yang sangat baik untuk berbagai penggunaan, baik isolasi listrik, kimia dan ketahanan pelarut, biaya rendah, dan toksisitas rendah. *Epoxy resin* juga bisa digunakan pada permukaan yang basah, sehingga sangat cocok untuk aplikasikan pada komposit.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini secara garis besar terdiri dari persiapan bahan, proses *mixing*, pembuatan specimen, proses kompaksi dan *sintering*, pengujian spesimen, serta penganalisisan hasil pengujian spesimen. Langkah-langkah penelitian secara menyeluruh disajikan pada Gambar 8 berupa diagram alir.

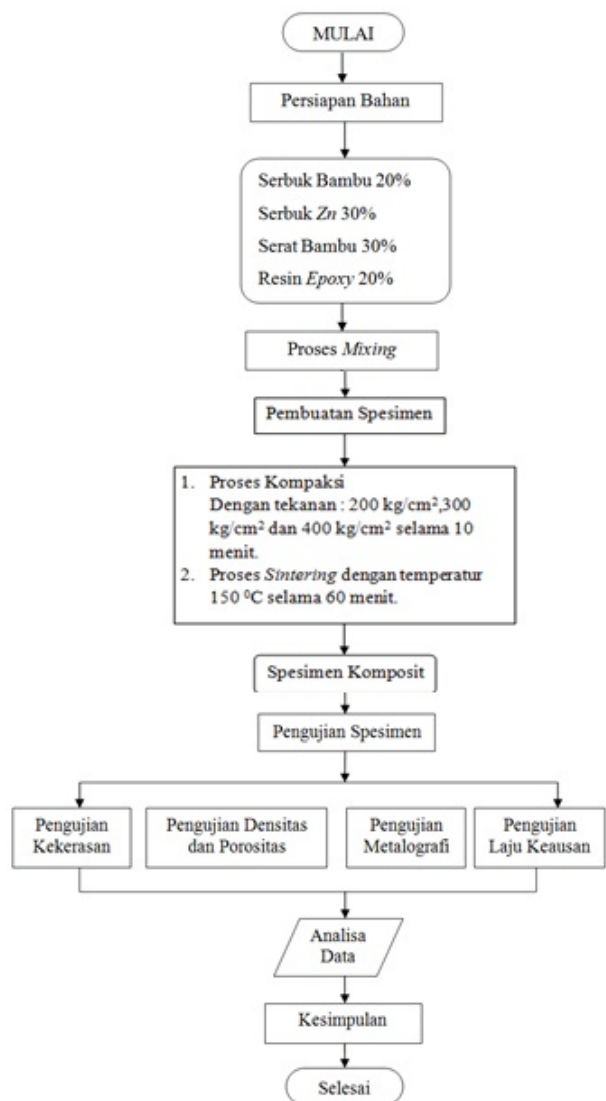
3.2 Bahan dan Alat

1. Bahan yang digunakan

- Bambu betung
- Resin *epoxy*
- NaOH
- Aquades
- Wax

2. Alat yang digunakan

- Mesin press
- Cetakan
- Furnace*
- Alat uji kekerasan
- Alat uji laju keausan
- Mikroskop optic
- Timbangan digital
- Mixer*
- Stopwatch*



Gambar 8. Diagram alir penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Spesimen

Pembuatan material komposit yang terdiri dari beberapa jenis bahan penyusun: serbuk bambu 28%, serbuk Zn 2%, serat bambu 30% dan resin epoxy 40%, dengan variasi tekanan kompaksi 200, 300 dan 400 kg/cm² kemudian disinter pada temperatur 150^oC selama 60 menit. Bentuk awal spesimen berbentuk tabung dengan diameter 40 mm dan tinggi 50 mm.



Gambar 9. Sampel uji.

4.2 Hasil Uji Kekerasan

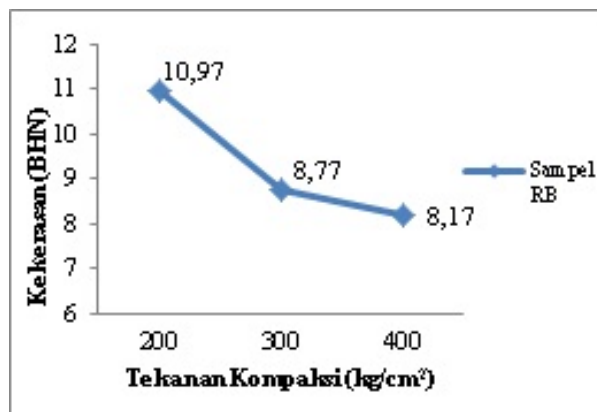
Berdasarkan hasil pengujian kekerasan yang dilakukan dengan metode *hardnessbrinell* menggunakan indentor bola baja berdiameter 2.5 mm dan pembebanan 15.625kg, benda uji berbentuk tabung berdiameter 40 mm dan tinggi 15 mm, data hasil pengujian dapat dilihat pada (tabel 1) di bawah ini.

Tabel 1. Data pengujian kekerasan.

No	Kode sampel	Tekanan kompaksi (kg/cm ²)	Kekerasan (BHN)
1	RB1	200	10.97
2	RB2	300	8.77
3	RB3	400	8.17
7	Kampas rem	-	11.9

Dari hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pengaruh tekanan kompaksi terhadap nilai kekerasan komposit, pada sampel RB diperoleh nilai kekerasan tertinggi sebesar 10.97 BHN pada tekanan kompaksi 200 kg/cm², seiring dengan meningkatnya tekanan kompaksi nilai kekerasan komposit semakin menurun, penurunan nilai kekerasan ini terjadi karena keluarnya resin saat proses kompaksi, seiring meningkatnya tekanan kompaksi semakin banyak resin yang keluar dari cetakan. Resin epoxy berfungsi sebagai pengikat sekaligus pengisi dalam bahan komposit sehingga terbuangnya resin keluar dari cetakan pada saat proses kompaksi akan mempengaruhi daya rekat antar partikel serbuk dan serat, sehingga menurunkan nilai kekerasan bahan komposit. Pengaruh tekanan kompaksi terhadap

nilai kekerasan komposit dapat dilihat pada (Gambar 10).



Gambar 10. Grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap nilai kekerasan.

4.3 Hasil Uji Keausan

Hasil pengujian keausan yang dilakukan dengan metode *pin on disk* dimana benda uji mendapatkan beban gesek dari permukaan yang berputar yang sudah dipasang dengan kertas abrasif (grit 220) dengan kecepatan putaran 100 rpm dengan beban 200 gr, pengujian dilakukan pada permukaan arah kompaksi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

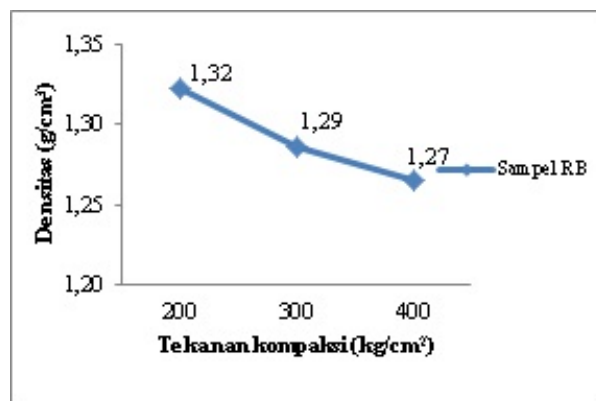
Dari hasil pengujian keausan dapat dilihat pengaruh tekanan kompaksi terhadap laju keausan bahan komposit, pada sampel RB nilai keausan terkecil didapat pada sampel RB1 dengan tekanan kompaksi 200 kg/cm² yaitu sebesar 3.59 x 10⁻⁶ g/mm².s, laju keausan meningkat seiring dengan naiknya tekanan kompaksi, Kekuatan serat dan daya rekat resin sangat mempengaruhi laju keausan. Sedangkan hasil pengujian keausan kampas rem yang ada dipasaran diperoleh nilai sebesar 4.41 x 10⁻⁶ g/mm².s, Pengaruh tekanan kompaksi terhadap laju keausan dapat dilihat pada Gambar 11.

Tabel 2. Data pengujian keausan.

No	Kode sampel	Tekanan kompaksi (kg/cm ²)	Keausan (g/mm ² .s) x 10 ⁻⁶
1	RB1	200	3.59
2	RB2	300	4.6
3	RB3	400	4.86
7	Kampas rem	-	4.41



Gambar 11. Grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap laju keausan.



Gambar 12. Grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap densitas.

4.4 Pengujian Densitas dan Porositas

Densitas atau massa jenis secara teoritis adalah massa per satuan volume, bahan komposit yang dikompaksi pada tekanan 200, 300, 400 kg/cm² akan mempengaruhi densitasnya. Pada proses metalurgi serbuk suatu campuran bahan memiliki komposisi dan massa yang sama jika diberikan variasi tekanan kompaksi akan menghasilkan volume bahan yang bervariasi, semakin besar tekanan kompaksi maka struktur bahan akan semakin padat dan volume bahan akan mengecil, data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari hasil pengujian densitas pada sampel RB nilai densitas menurun seiring bertambahnya tekanan kompaksi, densitas tertinggi yaitu sebesar 1.32 g/cm³ diperoleh pada sampel RB1 dengan tekanan kompaksi 200 kg/cm², pada sampel RB2 yang diberikan tekanan kompaksi 300 kg/cm² menghasilkan densitas sebesar 1.29 g/cm³ dan pada sampel RB3 yang diberikan tekanan kompaksi 400 kg/cm² menghasilkan densitas sebesar 1.27 g/cm³. Penurunan densitas ini disebabkan oleh keluarnya resin dari cetakan pada saat proses kompaksi, di dalam campuran bahan komposit, resin epoxy memiliki densitas tertinggi setelah Zn yaitu sebesar 1.2 g/cm³, sehingga berkurangnya resin dari campuran akan menurunkan densitas bahan komposit.

Tabel 3. Data pengujian densitas.

No	Kode sampel	Tekanan kompaksi (kg/cm ²)	Densitas (g/cm ³)
1	RB1	200	1.32
2	RB2	300	1.29
3	RB3	400	1.27

Dari data hasil pengujian densitas diperoleh hubungan antara tekanan kompaksi dan densitas bahan komposit yang dapat dilihat pada Gambar 12.

Densitas suatu bahan berbanding terbalik dengan porositasnya, semakin padat suatu bahan maka densitasnya akan semakin tinggi dan porositas akan semakin kecil, porositas pada bahan komposit bisa menurunkan sifat mekanis bahan.

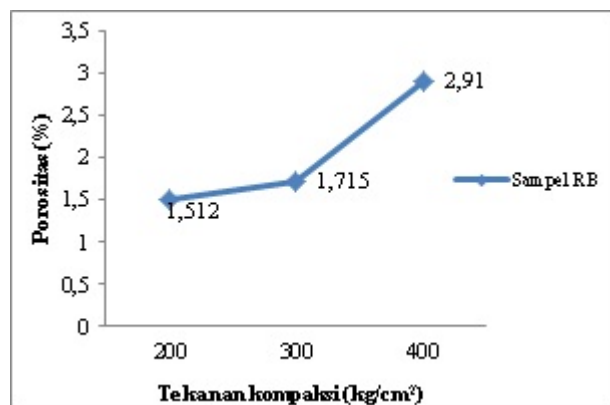
Tekanan kompaksi sangat berpengaruh pada jumlah porositas, semakin tinggi tekanan kompaksi diharapkan akan menurunkan jumlah porositas pada bahan komposit. Pengujian porositas dilakukan dengan perbandingan berat kering dan berat basah dengan media air. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari hasil pengujian nilai porositas pada sampel RB meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan kompaksi, hal ini sebanding dengan hasil pengujian densitas bahan.

Porositas terkecil diperoleh pada sampel RB1 dengan tekanan kompaksi 200 kg/cm². Pengaruh tekanan kompaksi terhadap porositas bahan komposit dapat dilihat pada Gambar 13 grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap porositas bahan komposit.

Tabel 4. Data pengujian porositas.

No	Kode sampel	Tekanan kompaksi (kg/cm ²)	Porositas (%)
1	RB1	200	1.512
2	RB2	300	1.715
3	RB3	400	2.91

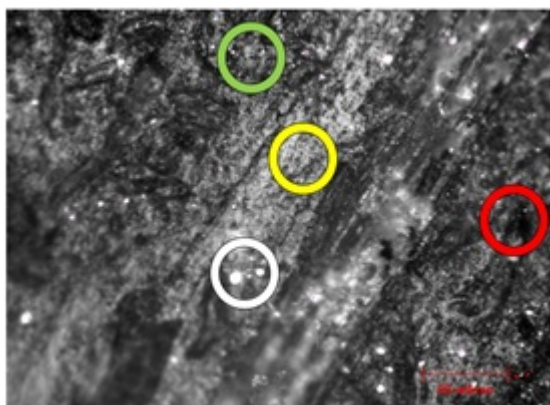


Gambar 13. Grafik pengaruh tekanan kompaksi terhadap densitas.

4.5 Hasil pengamatan struktur mikro

Pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik dilakukan pada material komposit yang terdiri dari bahan penyusun serbuk bambu, serbuk Zn, serat bambu, dan resin *epoxy* dengan variasi tekanan kompaksi sebesar 200, 300 dan 400 kg/cm² dan melewati proses sintering dengan temperatur 150⁰C, dengan setiap material komposit dilakukan pembesaran 200x.

Dari hasil pengamatan foto mikro dengan pembesaran 200x. *Void* pada gambar foto mikro terlihat berwarna hitam pekat, resin dan serbuk bambu terlihat berwarna keabu-abuan, serbuk seng berwarna putih mengkilap, sedangkan serat penguat terlihat berwarna putih.



Gambar 14. Struktur mikro sampel RB1 tekanan kompaksi 200 kg/cm².

Keterangan :

- Lingkaran kuning : Serat bambu
- Lingkaran biru : Mat fiber
- Lingkaran hijau : filler
- Lingkaran merah : Porositas (Void)
- Lingkaran putih : Zn

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan yaitu pengaruh variasi tekanan kompaksi terhadap karakteristik komposit serbuk bambu, serbuk Zn, resin *epoxy* dengan penguat serat bambu diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh tekanan kompaksi pada karakteristik komposit bahan alternatif kampas rem adalah:
 - a. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada sampel RB1 10.97 BHN dengan tekanan kompaksi sebesar 200 kg/cm². pada sampel RB meningkatnya tekanan kompaksi maka akan menurunkan nilai kekerasan.
 - b. Laju keausan terkecil sebesar 3.59×10^{-6} g/mm².s, diperoleh pada sampel RB1 dengan tekanan kompaksi 200 kg/cm².
 - c. Nilai densitas tertinggi pada sampel RB sebesar 1.32 g/cm³ dan porositas terkecil sebesar 1.512% yang diperoleh pada sampel RB1 dengan tekanan kompaksi 200 kg/cm².
2. Komposit bahan alternatif kampas rem terbaik yang mendekati karakteristik kampas rem yang ada dipasaran diperoleh pada sampel RB1 yaitu dengan tekanan kompaksi sebesar 200 kg/cm².

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa diberikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang optimasi persentase resin *epoxy* di dalam campuran komposit kampas rem.
2. Perlu direncanakan mesin *hot press* agar *holding time* saat kompaksi bias dibawah 60 menit.
3. Perbanyakan persentase resin dan *hardener* perlu diteliti lebih lanjut untuk menemukan *curing time* komposit terbaik.
4. Untuk menghindari cacat *void*, proses *mixing* sebaiknya dilakukan di ruang vakum agar udara tidak terjebak di dalam campuran bahan komposit.

DAFTAR PUSTAKA

Kartiwa, Wawan, *Peningkatan standar kampas rem kendaraan berbahan baku asbestos dan non asbestos (celulose) untuk keamanan.*

Puja, I G. K., (2010), *Studi Sifat Impak Ketahanan Aus dan Koefisien Gesek Bahan Komposit Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Glugu Dengan Matriks Epoxy.* Universitas Sanata Darma, Yogyakarta.

Gibson, R.F. (1994) *Principles Of Composite Material Mechanics.* McGraw-Hill Book Co New York.

Ali Mohd Radin. (2009)*Mechanical Property Evaluation of Bamboo Fiber Reinforced Epoxy Composite*. Universiti Malaysia Pahang, Pahang.

Bachtiar, D.(2010)*Flexural Properties of Alkali Treated Sugar Palm Fibre Reinforced Epoxy Composites*. Universiti Putra Malaysia, Selangor.

Pratama (2011)*Analisa Sifat Mekanik Komposit Bahan Kampas Rem Dengan Penguat Fyl Ash Bara bara*. UNHAS, Makasar.

Dyuti, S.(2010)*Material Selection Method in Design of Automotive Breakdisc*. International Islamic University Malaysia: Kuala Lumpur.

Setiawan, Irfan.,(2009)*Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Ketahanan Aus Bahan Rem Gesek Sepatu*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

ASM Handbook Volume 21, *Composites*. ASM International Handbook Committee.(2001).

Setianto, Imam, (2009)*Pengaruh Variasi Temperatur Sintering Terhadap Ketahanan Aus Bahan Rem Sepatu Gesek*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Groover, P.(2006)*Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*