

STUDI PENGARUH PARAMETER SINTERING PADA KOMPOSIT SAMPAH ORGANIK-PLASTIK HDPE

Heru Sukanto*

Wijang Wisnu Raharjo*

*Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta

Email: masheher@uns.ac.id

Abstrak

Sampah plastik dan sampah organik kurang banyak dimanfaatkan secara bersamaan untuk didaur ulang menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat. Perbedaan karakter antara material plastik dan organik menjadi masalah untuk bisa menggabungkan keduanya, meskipun ketersediaannya sangat melimpah ruah.

Teknologi serbuk telah berhasil diaplikasikan untuk membuat komposit berbahan dasar sampah plastik HDPE dan sampah daun dan ranting. Plastik HDPE dan sampah organik diproses menjadi serbuk hingga berukuran maksimal 20 mesh dengan menggunakan mesin *crushing multi stage*. Plastik difungsikan sebagai *binder* dengan komposisi volume 30%. *Diffusion mixing method* dilakukan selama 2 jam pada putaran 75% dari rpm kritis silinder. Bola baja 3/8 inchi ditambahkan pada silinder pencampuran untuk menghilangkan sisi tajam pada partikel plastik dan sampah organik. Pembuatan komposit menggunakan proses pressured sintering pada lingkungan udara bebas dengan variasi parameter tekanan (9 hingga 19 kPa), suhu (105 hingga 107°C) dan waktu sintering (5 hingga 20 menit). Karakteristik komposit diuji menggunakan standar pengujian ASTM meliputi densitas, serapan air, kekuatan lentur, tumbuk dan geser tekan. Pola penampang patah komposit diamati dengan menggunakan foto SEM.

Hasil pengujian menunjukkan perubahan sifat komposit ketika parameter sintering diubah. Peningkatan kekuatan komposit secara linier hingga 147% terjadi pada perubahan parameter tekanan sintering. Peningkatan suhu dan penambahan waktu sintering dapat memperbaiki kekuatan komposit tetapi tidak linier serta nilai maksimal yang diperoleh sebesar 110% untuk kekuatan tumbuk (*impact*). Densitas dan serapan air komposit tidak mengalami perubahan yang berarti pada saat suhu sintering diubah. Penampang patah komposit memperlihatkan bahwa ikatan partikel plastik sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit. Pada suhu dan tekanan rendah, partikel plastik tidak berhasil mengikat partikel sampah organik secara menyeluruh sehingga masih banyak rongga yang berkontribusi pada penurunan kekuatan komposit.

Keywords: *pressured sintering*, plastik HDPE, sampah organik, karakteristik material, *powder mixing*.

Pendahuluan

Peningkatan jumlah sampah yang cukup tinggi sering kali tidak diimbangi dengan penanganan yang baik untuk mengurangnya, seperti halnya di negara kita Indonesia. Penanganan sampah yang kurang tepat akan berdampak buruk bagi lingkungan kita. Bencana banjir dan pencemaran lingkungan merupakan beberapa dampak negative dari kesalahan dalam mengelola sampah, baik sampah organik maupun anorganik.

Pembuatan produk komposit serbuk kayu dan plastik daur ulang merupakan salah satu alternatif pemanfaatan limbah kayu dan plastik, dalam rangka meningkatkan efisiensi pemanfaatan kayu, mengurangi pembebanan lingkungan terhadap limbah plastik serta menghasilkan produk-produk inovatif sebagai bahan bangunan pengganti kayu. Pengembangan produk ini di masa datang diharapkan akan memberikan dampak positif, bukan hanya terbatas pada pengembangan industri dan penghematan devisa, tetapi juga memperbaiki kualitas lingkungan hidup (Setyawati, 2003).

Penggunaan komposit berpori mulai banyak di aplikasikan di berbagai bidang. Pemakaian komposit berpori biasanya bertujuan untuk mendapatkan sebuah komposit yang memiliki densitas rendah tetapi memiliki kekuatan yang relatif tinggi. Pada bidang kesehatan misalnya, aplikasi komposit berpori biasanya digunakan untuk pengganti tulang. Sebuah studi tentang komposit berpori menyatakan dengan suhu terkontrol, komposit berpori / struktur titanium padat dapat menunjukkan kekuatan tekuk melebihi dari tulang manusia namun masih menyediakan porositas dan kondisi ukuran pori-pori yang diperlukan untuk pertumbuhan jaringan kulit (Pitkin, 2007).

Pembuatan material komposit dengan metode *sandwich* memerlukan inti (*core*). Bahan dengan tingkat kekakuan yang rendah tidak baik untuk *core*, karena kekakuan pada *sandwich* akan berkurang atau hilang. Tidak hanya kuat dan mempunyai densitas rendah, *core* biasanya mempunyai densitas yang rendah. Material *core* yang sering digunakan pada bahan komposit *sandwich*

adalah *honeycomb*. *Honeycomb* berbentuk menyerupai rumah madu. *Core* ini sudah diaplikasikan di struktur pesawat *Beech Starship* dan *helicopter*. *Core spon* merupakan material buatan yang mudah didapat di sekitar kita. *Spon* mempunyai sifat yang ringan, sehingga cocok dengan filosofi bahan komposit yang ringan tapi kuat.

Milosevski (2009) melakukan penelitian tentang komposit keramik-kaca yang berbahan dasar limbah industri. Proses pembuatan dengan proses *sintering* pada suhu 1000°C selama 2 jam. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kekuatan lentur komposit keramik-kaca sebesar 60,8 MPa.

Penelitian yang dilakukan oleh Purnama (2008) dengan metode *pressured sintering* menyatakan bahwa komposit serbuk plastik HDPE-karet ban bekas memiliki kekuatan lentur jauh berada di bawah kekuatan lentur material HDPE.

Pembuatan papan komposit dilakukan dengan mencampur serbuk sabut kelapa (*cocopeat*) dengan serbuk plastik *polyethylene*. Pencampuran kedua bahan tersebut terdiri dari beberapa kombinasi perbandingan *cocopeat/polyethylene* yaitu 50:50, 40:60, dan 30:70. Campuran tersebut kemudian dikempa dengan variasi suhu kempa 160°C , 170°C , dan 180°C . Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan sifat fisis papan komposit yang dihasilkan memenuhi standar JIS A 5908 (2003). Kualitas papan komposit yang terbaik adalah papan dengan perbandingan *cocopeat : polyethylene* adalah 30:70 dengan suhu kempa 170°C , karena papan ini memiliki nilai daya serap air yang rendah dan nilai MOR yang paling tinggi. Pemberian perlakuan suhu kempa tidak memberikan pengaruh kepada kualitas papan komposit yang dihasilkan (Prasetyawan, 2009).

Jati (2008) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi suhu sintering terhadap komposit HDPE – karet ban bekas. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan suhu sintering dari 110°C sampai 140°C akan meningkatkan densitas sampai 10.18%, kekuatan impak 71.52%, dan kekuatan lentur 12.28%. Kenaikan densitas terbesar ketika suhu naik dari 120°C ke 130°C yaitu sebesar 6.20%, kenaikan impak terbesar ketika suhu dinaikkan dari 110°C ke 120°C yaitu sebesar 55.01%, dan kenaikan kekuatan lentur terbesar ketika suhu naik dari 110°C ke 120°C yaitu sebesar 6.91%.

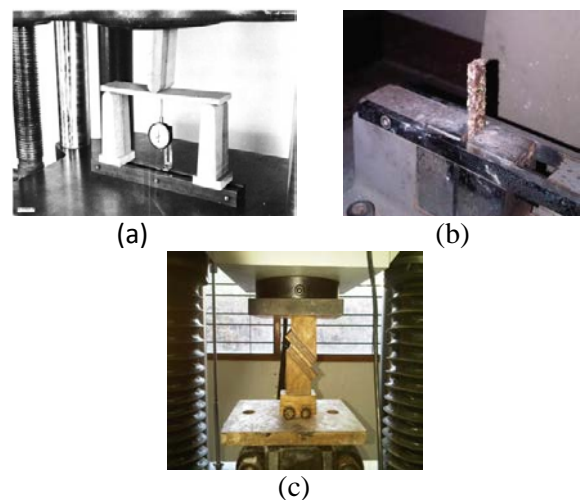
Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Bahan komposit berupa plastik jenis HDPE didapat dari tempat pengepul sampah plastik, sedangkan sampah organik yang dipakai berasal dari lingkungan sekitar kampus UNS. Pembuatan bahan-bahan dasar menjadi serbuk dilakukan dengan proses penggilingan (*crushing*). Untuk pemilihan ukuran serbuk HDPE dilakukan dengan cara

pengayakan memakai ukuran 30 mesh dan 40 mesh, sedangkan untuk sampah organik menggunakan 6 mesh dan 10 mesh.

Pencampuran serbuk dilakukan untuk menyeragamkan komposisi, serta mengurangi segregasi yang biasa terjadi akibat adanya pergerakan atau getaran pada serbuk. Pencampuran serbuk dilakukan dalam keadaan kering. Komposisi campuran HDPE dengan sampah adalah 30/70 fraksi volume. Penggunaan fraksi volume dalam pencampuran kedua bahan tersebut untuk memudahkan dalam memperkirakan banyaknya masing-masing bahan dalam campuran. Pencampuran dilakukan dalam tabung silinder yang diputar dengan kecepatan 85 rpm dengan diameter tabung 14 cm. Setiap kali pencampuran, volume maksimal serbuk di dalam tabung adalah 40%.

Pembuatan spesimen dilakukan berdasarkan metode *pressured sintering* dengan lingkungan atmosfer. Parameter proses divariasikan berdasarkan tekanan kompaksi, waktu dan suhu sintering. Setelah proses sintering, spesimen dilepas dari cetakan dan dibiarkan mendingin pada udara bebas. Bentuk dan dimensi spesimen komposit dibuat dengan acuan standar pengujian mekanik yakni uji bending (ASTM D1037), impak (ASTM D5941) dan beban geser tekan (ASTM D1037).



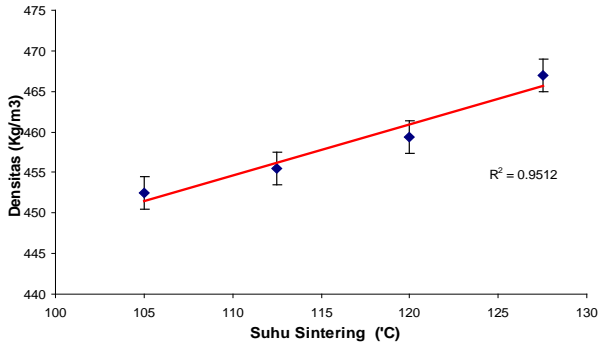
Gambar 1. Seting spesimen untuk (a) uji bending, (b) uji bending, (c) uji geser tekan.

Penyiapan bahan, proses pembuatan spesimen dan proses pengujian menggunakan alat atau fasilitas yang telah terkalibrasi secara valid, yakni:

1. Crushing machine
2. Screening/meshing machine
3. Mixing machine
4. Pressured sintering machine (hydraulic)

5. Universal testing machine
6. Impact testing machine
7. SEM microscope equipment.

Hasil dan Pembahasan
Pengaruh Parameter Suhu Sintering



Gambar 2. Pengaruh suhu *sintering* terhadap densitas.

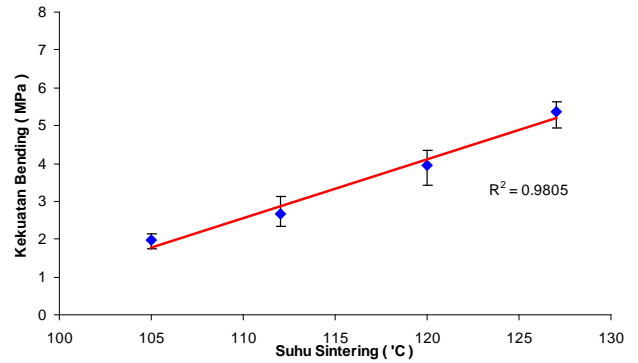
Pada suhu 105°C viskositas plastik masih sangat tinggi, sehingga plastik belum mampu untuk mengisi ruang-ruang kosong antar partikel sampah organik, sehingga terbentuklah pori-pori yang cukup besar.

Kenaikan densitas terbesar terjadi pada suhu 127 °C yakni senilai 1,79% dibanding suhu 120 °C, karena pada suhu 127°C plastik HDPE sudah mendekati titik lelehnya yaitu pada suhu 130°C (Corneliusse, 2002). Namun kemampuan plastik untuk menahan beban dari luar semakin menurun.

Saat suhu *sintering* terus naik maka viskositas HDPE akan semakin rendah. HDPE akan semakin meleleh dan transfer massa yang terjadi akan semakin besar. Dengan transfer massa yang semakin besar akan mengakibatkan HDPE mudah bergerak untuk mencari ruang kosong terutama pori-pori antar partikel komposit. Sehingga dihasilkan komposit yang memiliki pori-pori semakin kecil dan memiliki densitas yang semakin besar (German, 1994).

Peningkatan kekuatan lentur komposit disebabkan karena adanya penurunan ukuran pori-pori pada komposit, akibat dari bertambahnya suhu *sintering*.

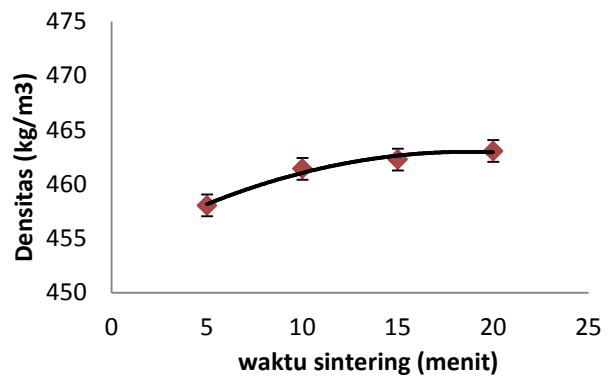
Besarnya nilai kekuatan lentur komposit dipengaruhi oleh ukuran pori-pori yang terdapat pada komposit, sedangkan pori-pori merupakan tempat awal terjadinya retakan (*initial crack*). Suhu *sintering* berpengaruh pada transfer massa dari HDPE. Semakin tinggi suhu sintering maka HDPE akan semakin meleleh dan mudah bergerak untuk mencari tempat yang memiliki tekanan yang lebih kecil (pori-pori). Dengan adanya pergerakan lelehan HDPE ke pori-pori maka akan menyebabkan pori-pori dari komposit semakin mengecil.



Gambar 3. Pengaruh suhu sintering terhadap kekuatan bending.

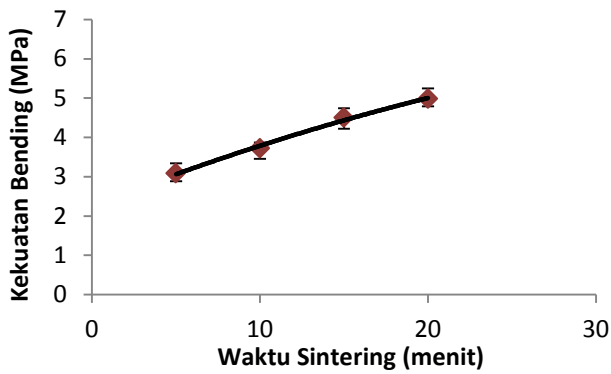
Dengan adanya penambahan suhu *sintering* maka HDPE akan semakin mudah menyusup dan melingkupi sampah organik sehingga dihasilkan ikatan material yang lebih baik. Selain itu beban yang dikenakan pada komposit juga dapat ditransfer dengan lebih baik oleh HDPE ke sampah organik. Sampah organik juga tidak mudah terlepas dari HDPE sampai komposit mengalami beban maksimumnya.

Pengaruh Parameter Waktu Sintering

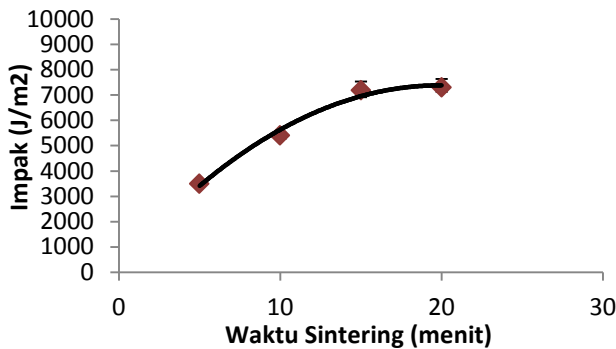


Gambar 4. Pengaruh waktu sintering terhadap densitas

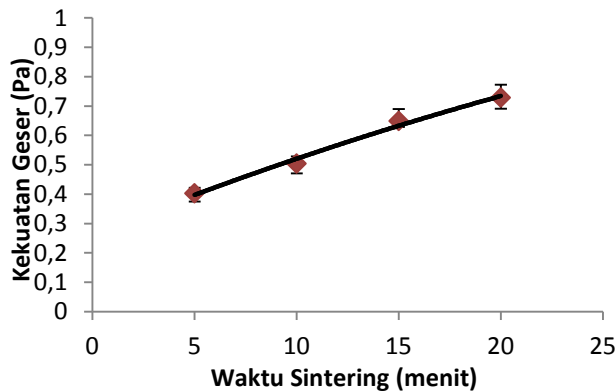
Semakin bertambah waktu *sintering* maka pergerakan partikel serbuk HDPE akan mampu membentuk ikatan pada batas partikel. Pori akan terisolasi dan batas partikel menyatu. Akibat keberadaan energi termal pada saat proses sintering mengakibatkan ikatan antara serbuk HDPE akan semakin banyak. Banyaknya ikatan yang terjadi akan menyebabkan volume pori pada komposit menjadi berkurang dan menghasilkan nilai densitas komposit yang lebih tinggi.



Gambar 5. Pengaruh waktu sintering terhadap kekuatan bending.



Gambar 6. Pengaruh waktu sintering terhadap kekuatan impak.



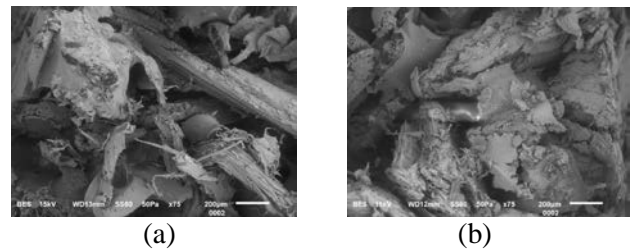
Gambar 6. Pengaruh waktu sintering terhadap kekuatan geser tekan.

Penambahan waktu *sintering* menyebabkan transfer massa dari batas butir atau daerah diantara serbuk menuju *neck* atau pori-pori meninggkat. Akibat adanya transfer massa tersebut, jarak antara kedua butir serbuk akan mengecil sehingga terjadi ikatan antar partikel. Semakin kuat ikatan antar partikel serbuk akan meningkatkan besarnya ketahanan terhadap kekuatan *bending*, *impact* dan geser tekan.

Nilai kekuatan mekanik komposit juga dipengaruhi oleh ukuran pori-pori yang terdapat pada komposit karena pori-pori merupakan tempat awal terjadinya retakan (*initial crack*). Semakin meningkatnya waktu *sintering* maka area kontak yang

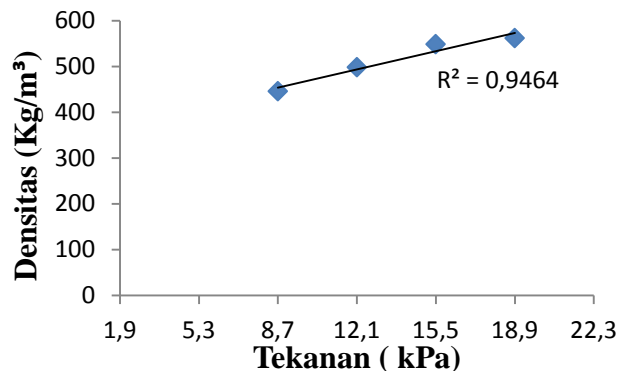
terjadi antara partikel serbuk akan semakin banyak. Serbuk HDPE akan bergerak membentuk ikatan antar partikel sehingga ikatan antar partikel juga semakin banyak. Semakin banyak ikatan yang terjadi maka nilai kekuatan mekanik akan semakin meningkat.

Pada saat dikenai pembebanan, maka daerah ikatan antara partikel HDPE akan mampu menahan beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan ranting dan daun. Variasi waktu *sintering* akan mempengaruhi ikatan yang terjadi antara partikel HDPE. Pada variasi waktu 5 menit jumlah ikatan antar partikel yang terbentuk lebih sedikit jika dibanding dengan waktu 20 menit. Sehingga kemampuan untuk menahan beban bending lebih besar untuk variasi waktu 20 menit. Pengamatan foto SEM pada Gambar 7a dan bb memperlihatkan penampang patah bending spesimen yang menunjukkan patah pada ikatan yang terjadi antar partikel, masing-masing pada waktu sintering 5 dan 20 menit.



Gambar 7. Foto SEM pengaruh waktu sintering.

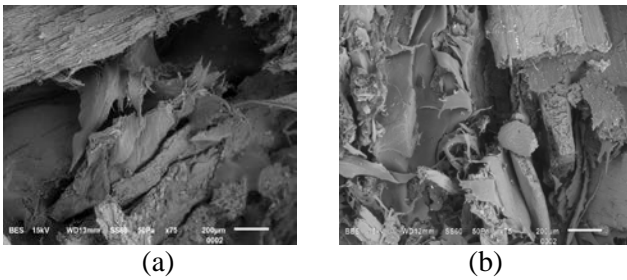
Pengaruh Parameter Tekanan Sintering



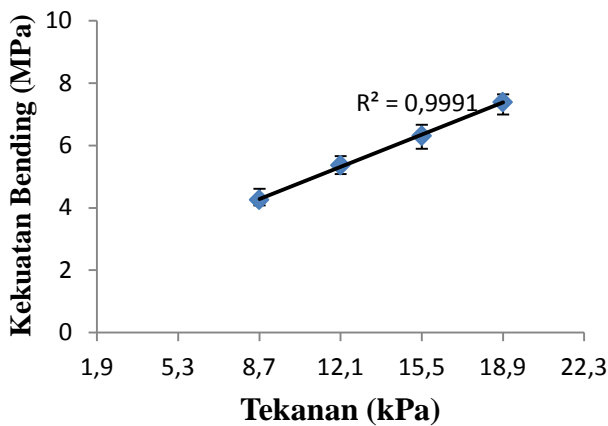
Gambar 8. Pengaruh tekanan sintering terhadap densitas komposit.

Nilai densitas dari tekanan 8,7 kPa sampai dengan 18,9 kPa meningkat sebesar 26,89%. Tekanan pengepresan akan menambah energi tambahan pada partikel plastik untuk bisa menempatkan posisi pada kedudukan yang ideal (*rearrangement*). Selama sintering terjadi, tekanan kompaksi menghasilkan perbedaan tekanan parsial yang cukup besar antara partikel plastik dan rongga atau celah antar partikel serbuk. Semakin tinggi tekanan kompaksi akan menambah perbedaan tekanan parsial sehingga partikel plastik dapat lebih mudah berpenetrasi

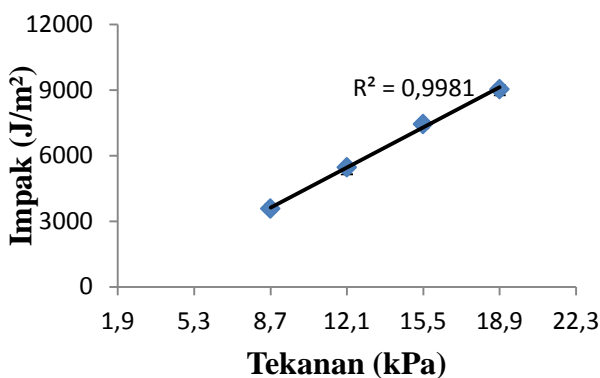
menempati rongga antar partikel. Mekanisme ini menyebabkan terjadinya densifikasi atau pepadatan (Barsoum, 1997). Pepadatan pada komposit ini akan memperkecil rongga sehingga menurunkan porositas. Hal ini akan menyebabkan nilai densitas mengalami peningkatan, seperti terlihat pada Gambar 8. Foto SEM penampang patah pada kondisi tekanan sintering yang berbeda memperlihatkan formasi dan kuantitas rongga yang berbeda pada komposit (Gambar 9a dan 9b).



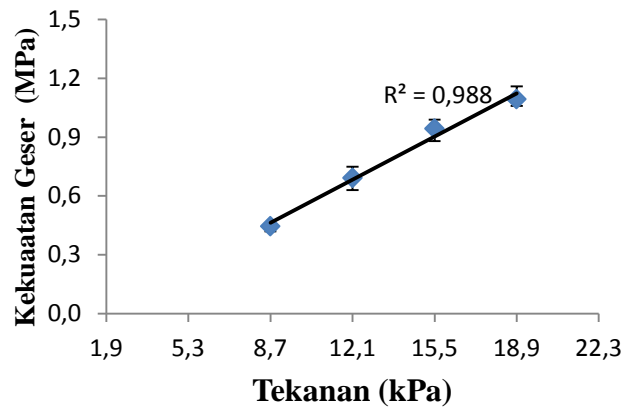
Gambar 9. Foto SEM penampang patah spesimen pada tekanan sintering (a) 9 kPa dan (b) 20 kPa.



Gambar 10. Pengaruh tekanan sintering terhadap kekuatan bending.



Gambar 11. Pengaruh tekanan sintering terhadap kekuatan impak.



Gambar 12. Pengaruh tekanan sintering terhadap kekuatan geser tekan.

Spesimen menunjukkan kecenderungan kekuatan mekanik sebanding dengan densitas. Peningkatan tekanan sintering memperkecil ukuran dan mengurangi jumlah rongga yang terkandung dalam komposit. Pada saat dikenai beban mekanik, rongga berperilaku sebagai retak awal yang berpotensi mengurangi kekuatan komposit. Semakin banyak rongga berarti semakin banyak lokasi pada komposit yang memiliki retak awal. Keberadaan rongga yang besar akan berkontribusi pada lemahnya mekanisme pembelokan retak.

Kesimpulan

- a. Peningkatan parameter sintering pada komposit plastik HDPE-sampah organik akan menambah kekuatan mekanik.
- b. Parameter waktu memiliki kecenderungan optimal pada nilai 20 menit, sedangkan parameter suhu dan tekanan masih cenderung meningkat secara linier pada nilai maksimal masing masing 125°C dan 20 kPa.

Ucapan Terima kasih

- Dikti (Riset Fundamental)
- Agung Ibnu W , Didik Riyanto, Heri Saputro.

Referensi

Corneliusse, R.D., 2002, *Property High Density Polyethylene*, Modern Plastic Encyclopedia 99, p.B-198.

German, R.M., 1994, *Powder Metallurgy Science*, The Pennsylvania State University :New Jersey

Jati, W., 2008, *Pengaruh Suhu Terhadap Karakteristik Komposit HDPE-Karet Ban Menggunakan Metode Pressured Sintering*, Skripsi, UNS, Surakarta.

Milosevki, D., 2009, *Liquid Phase Sintering Of Dense and Porous Composites Obtain from Industrial Waste*, Faculty of Technology and Metallurgy, “SS. Cyril and Methodius”

University, Republic of Macedonia.

- Pitkin, M., 2007, *Porous composite prosthetic pylon for integration with skin and bone*, Tufts University, Boston, MA; Poly-Orth International.
- Prasetyawan, D., 2009, *Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit dari Serbuk Sabut Kelapa (cocopeat) dengan Plastik Polyethylene*, Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Purnama, S., 2008, *Pengaruh Fraksi Volume Plastik-Karet Terhadap Densitas dan Sifat Mekanik Komposit HDPE-Karet Ban Bekas Dengan Metode Pressured Sintering*, Skripsi, UNS, Surakarta.
- Setyawati D., 2003, *Komposit Serbuk Kayu Plastik Daur Ulang Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Kayu dan Plastik*, Program Pasca Sarjana-IPB, Bogor.