

Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Densitas dan Kekuatan Komposit Plastik - Karet

Heru Sukanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surakarta
e-mail: masheher@uns.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu sintering terhadap sifat fisik (densitas) dan sifat mekanik (kekuatan impak, kekuatan lentur) material komposit HDPE-karet yang dibuat dengan metode pressured sintering. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah plastik jenis HDPE yang berasal dari kemasan oli dan karet yang berasal dari ban bekas. Pembuatan spesimen menerapkan teknologi serbuk dengan metode pressured sintering. Pada penelitian ini variasi yang digunakan adalah suhu sintering, yakni 110 °C, 120 °C, 130 °C, dan 140°C. Proses pressured sintering dilakukan 5 menit dengan tekanan 1MPa. Pengujian kekuatan lentur menggunakan alat UTM dengan standar uji ASTM D790. Pengujian kekuatan impak memakai alat impak izod dengan standar uji ASTM D5941, dan pengukuran densitas didasarkan pada standar pengujian ASTM D792. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan suhu sintering dari 110°C sampai 140°C akan meningkatkan densitas hingga 10.18%, kekuatan impak hingga 71.52%, dan kekuatan lentur hingga 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%

Kata kunci: Teknologi serbuk, Suhu sintering, Pressured sintering, Komposit HDPE-karet

Abstract

The Influence of Sintering Temperature toward Density and Strength of Plastic-Ruber Composite

The research investigates the effect of sintering temperature on density and mechanical properties of HDPE-rubber composite which was produced by pressured sintering method. The materials that were used are HDPE plastic waste of oil bottle and unused tire. These materials were powdered via mechanical grinding manually. The powder size of -20 mesh was selected as a raw material for specimen. Producing the specimens involved powder technology. Pressured sintering process was committed for 5 minutes under pressure load of 1 MPa. The sintering temperature was varied along 110 to 140°C by increasing 10°C incrementally. Specimen testing involved density, bending strength and izot impact strength. All of testing was conducted on ASTM standard testing. The result reveals that increasing sintering temperature will grow up the density, bending strength and impact strength of specimen up to 10%, 12% and 72% respectively. The extreme increasing of specimen properties occurs at the temperature range of 120 to 130°C.

Key words: Bending, impact, Sintering temperature, HDPE-rubber composite

1. Pendahuluan

Teknologi serbuk adalah suatu teknologi yang menggunakan serbuk sebagai bahan dasar dalam pembuatan suatu produk. Teknologi serbuk pada mulanya diaplikasikan untuk membuat keramik dan material logam. Sekarang penerapan teknologi ini terus berkembang dan dapat diterapkan ke hampir semua material untuk menghasilkan produk-produk yang mempunyai tingkat ketelitian, kerumitan dan kualitas yang tinggi. Pemrosesan serbuk secara umum meliputi pembuatan serbuk, pencampuran, kompaksi dan sintering.

Pressured sintering merupakan salah satu metode dalam teknologi serbuk yang mengaplikasikan proses kompaksi dan sintering secara bersamaan. Tujuannya adalah untuk menghasilkan material yang mempunyai sifat fisik

dan mekanik lebih baik dibandingkan dengan metode sintering konvensional. Suhu dalam proses sintering adalah salah satu faktor yang mempengaruhi sifat fisik dan mekanik suatu material, maka diperlukan penelitian tentang pengaruh suhu dalam pembuatan komposit plastik-karet sebagai cara alternatif pengolahan limbah.

2. Tinjauan Pustaka

Rutz [7] telah meneliti pengaruh suhu pada proses sintering campuran nikel pada molybdenum. Dengan bertambahnya suhu sintering kekuatan dan kekerasan molybdenum meningkat. Efek ini lebih terlihat dengan semakin banyaknya kandungan nikel pada paduan. Peningkatan suhu sintering mengakibatkan ukuran pori semakin halus dan difusi nikel semakin sempurna.

Morin dan Farris [5] telah mempelajari ikatan yang dapat dibentuk oleh serbuk karet pada kondisi sintering dengan suhu dan tekanan tinggi (*high temperature high pressured sintering*). Bahan yang digunakan adalah serbuk ban bekas berukuran 80 mesh tanpa penambahan bahan aditif sedikitpun. Hasilnya menunjukkan bahwa pengaruh suhu sintering terhadap sifat mekanik cukup signifikan hingga 200°C, peningkatan suhu berikutnya tidak menghasilkan perbaikan sifat material yang berarti. Waktu sintering juga meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas hingga batas waktu 2 jam.

Zubir dan Ismail [9] telah meneliti bahwa membran PTFE (*teflon*) dapat dibuat dengan sintering, hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sifat mekanik dan morfologi dari membran sangat tergantung pada suhu sintering yang digunakan. Pada temperatur sintering yang lebih tinggi membran yang dihasilkan menunjukkan konfigurasi ukuran pori yang lebih baik. Peningkatan kekuatan tarik terlihat pada membran pada suhu sintering 385°C

German [4] menjelaskan bahwa teknologi serbuk dapat diaplikasikan untuk menghasilkan komponen dengan ukuran relatif kecil dan kompleks, memiliki kekuatan yang tinggi, yang sulit atau bahkan tidak dapat dibuat melalui proses-proses lain, misalnya pengecoran, permesinan, pengepresan, dan lain-lain. Komponen atau material khusus yang dapat dibuat dengan aplikasi teknologi serbuk antara lain adalah bantalan tanpa pelumas, kampas rem, pahat bubut, roda gigi pada jam, dan sebagainya.

Proses teknologi serbuk meliputi pencampuran serbuk, kompaksi atau penekanan serbuk dan sintering. Pencampuran serbuk bertujuan untuk menghasilkan distribusi komposisi material dan ukuran serbuk yang seragam. Hal ini dikarenakan pada saat penyimpanan atau proses transportasi serbuk bisa mengalami getaran yang memungkinkan terjadinya *segregasi*. *Segregasi* dapat terjadi karena perbedaan bentuk, densitas, dan ukuran partikel serbuk. Kompaksi atau tekanan yang diberikan pada serbuk akan meningkatkan densitas spesimen sehingga mudah untuk *di-handling*. *Sintering* adalah pengikatan bersama antar partikel pada temperatur tinggi dan merupakan proses terpenting dalam teknologi serbuk.

3. Metode Penelitian

3.1. Bahan

Pada penelitian ini bahan dasar menggunakan plastik bekas jenis HDPE dari botol minyak pelumas. Sedangkan bahan karet yang dipakai adalah dari ban bekas bagian luar.

3.2. Langkah Penelitian

Proses pertama adalah pembuatan bahan-bahan dasar menjadi serbuk dengan menggunakan penggerindaan secara manual. Untuk mendapatkan ukuran serbuk yang diinginkan, dilakukan proses

pengayakan (*screening*) dengan ukuran bukaan lubang 250 µm dan 180 µm untuk bahan plastik HDPE. Sedangkan untuk serbuk karet pengayakan menggunakan *screen* dengan bukaan 850 µm

3.2.1. Pencampuran serbuk

Proses pencampuran serbuk dilakukan dalam keadaan kering dengan penambahan bola-bola baja. Penambahan bola-bola baja bertujuan untuk membantu mempercepat dan menyeragamkan pencampuran, serta menghaluskan /meratakan permukaan partikel serbuk.

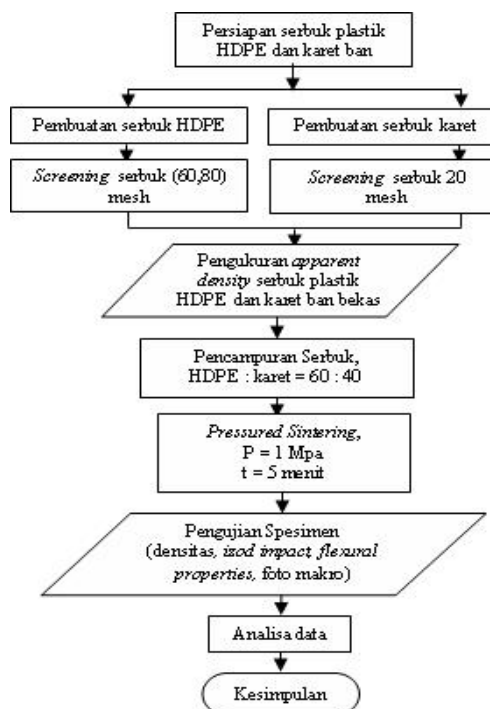
Komposisi campuran HDPE dengan karet adalah 60:40 fraksi volume. Penggunaan fraksi volume dalam pencampuran kedua serbuk tersebut untuk memudahkan dalam memperkirakan banyaknya masing-masing bahan dalam campuran.

3.2.2. Proses pressured sintering

Proses ini merupakan perpaduan antara kompaksi dan *sintering* yang dilakukan dalam cetakan dengan tekanan sebesar 1 Mpa, variasi suhu 110°C, 120°C, 130°C, dan 140°C. Waktu penahanan suhu 5 menit.

3.2.3. Pengujian Spesimen

Pengujian densitas dilakukan dengan menimbang spesimen di udara dan di fluida. Standar pengujian yang dipakai adalah ASTM D792 [2]. Pengamatan foto makro dilakukan dengan menggunakan mikroskop yang dilengkapi kamera digital merk Olympus. Pengamatan yang dilakukan antara lain meliputi pengamatan ikatan antar partikel dan distribusi partikel serbuk pada penampang patah.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Standar pengujian dampak untuk material plastik adalah ASTM D5941 [3]. Dimensi benda uji untuk pengujian dampak yaitu lebar = $(10,0 \pm 0,2)$ mm, tebal = $(4,0 \pm 0,2)$ mm dan panjang = 74 mm.

Pengujian kekuatan lentur ini memakai metode *three point bending*. Standar pengujian untuk mengetahui kekuatan lentur material plastik adalah ASTM D790 [2]. Pengujian menggunakan *universal testing machine* merk Controlab.

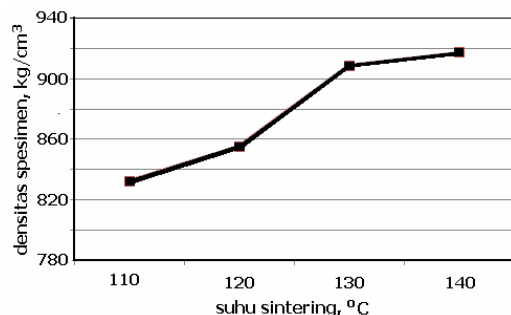
4. Data dan Analisa

4.1. Pengaruh Suhu Sintering Pada Densitas

Densitas secara teoritis merupakan massa per satuan volume, ini berarti pada spesimen dengan massa yang sama tetapi mempunyai volume yang lebih kecil akan menghasilkan densitas yang lebih besar.

Grafik hasil pengujian densitas komposit plastik HDPE-karet ban bekas dengan variasi suhu *sintering* 110°C, 120°C, 130°C, dan 140°C yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari gambar 2 secara umum terjadi peningkatan densitas di setiap kenaikan suhu *sintering*. Ini terjadi karena semakin tinggi suhu *sintering* maka jumlah pori dari komposit plastik-karet akan semakin berkurang. Pada suhu 110°C viskositas plastik masih tinggi, karena sebagian besar serbuk plastik belum mengalami pelelehan, baru dalam melunak, sehingga kemampuan alir (*flowability*) untuk mengisi ruang kosong antar partikel karet masih rendah.



Gambar 2. Grafik densitas terhadap suhu sintering

Pada suhu 120°C terjadi kenaikan densitas yang tidak terlalu signifikan yaitu sebesar 2,70% dibanding pada suhu 110°C. Pada suhu 120°C serbuk plastik sudah meleleh sehingga viskositasnya semakin mengecil dan kemampuan alirnya lebih tinggi dari 110°C oleh karena itu kemampuan untuk mengisi rongga antar partikel karet semakin baik, namun pada suhu ini terdapat pori-pori yang cukup banyak. Pori-pori ini terbentuk karena ketika proses *sintering* berlangsung plastik belum bisa mengisi semua rongga antar partikel karet karena kemampuan alirnya masih cukup rendah.

Pada suhu 130°C terjadi peningkatan densitas yang cukup tinggi yaitu sebesar 6,20% dibanding suhu 120°C. Peningkatan densitas ini

terjadi karena viskositas plastik semakin mengecil, akibatnya kemampuan alir plastik untuk mengisi rongga-rongga antar partikel karet semakin besar, namun kemampuan plastik untuk menahan beban dari luar semakin mengecil, sehingga ketika tekanan 1MPa dikenakan pada spesimen komposit plastik-karet, terjadi pengecilan pori.

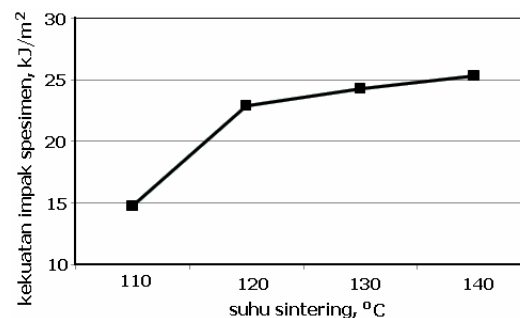
Ketika suhu *sintering* dinaikkan dari 130°C-140°C densitasnya sudah tidak mengalami kenaikan yang berarti lagi, karena tidak terjadi pengecilan dimensi pori-pori yang mencolok.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pamungkas [6], dengan menggunakan metode *sintering* konvensional dengan tekanan kompaksi 100MPa dan suhu *sintering* 140°C didapatkan densitas sebesar 824,77 kg/m³. Dengan menggunakan metode *pressured sintering*, densitas yang dicapai pada suhu 140°C adalah 917,58 kg/m³. Ini menunjukkan bahwa metode *pressured sintering* menghasilkan densitas yang lebih besar daripada metode *sintering* konvensional.

Dari hasil penelitian di atas juga dapat dilihat bahwa densitas komposit plastik-karet semakin mendekati densitas HDPE murni yang besarnya 950 kg/m³.

4.2. Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Kekuatan Dampak

Grafik pengaruh suhu sintering terhadap kekuatan dampak komposit HDPE-Karet ditunjukkan pada Gambar 3



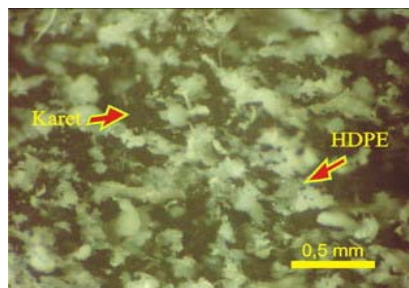
Gambar 3. Grafik pengaruh suhu sintering terhadap kekuatan dampak spesimen.

Peningkatan kekuatan dampak dari suhu 110°C ke 120°C sangat terlihat jelas pada grafik di atas, yaitu sebesar 55,01%, ini dikarenakan pada suhu 110°C mekanisme *sintering* didominasi *surface transport* sehingga ikatan antar partikelnya belum terlalu kuat, ikatannya masih dalam tahap *early stage neck growth* dan partikel HDPE yang berfungsi sebagai pengikat belum terdeformasi termal secara merata.

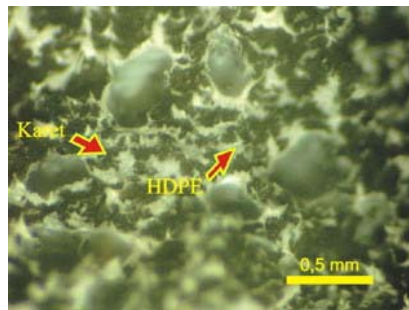
Pada suhu 110°C banyak terdapat pori-pori, sedangkan pori-pori merupakan tempat awal retakan (*initial crack*). Pada suhu 120°C ikatan antar partikelnya sudah jauh lebih kuat dibanding 110°C ini disebabkan karena mekanisme *sintering* yang terjadi sudah tidak didominasi *surface transport*

melainkan *bulk transport* selain itu terjadi pengurangan jumlah pori pada suhu ini, hal ini diketahui dengan bertambahnya densitas pada suhu 120°C (Gambar 4).

Pada suhu 130°C sampai suhu 140°C peningkatan kekuatan impaknya sudah tidak terlalu signifikan, ini disebabkan pada suhu ini pertambahan laju aliran massa yang kecil dan tahap pertumbuhan *neck*nya sudah mencapai tahap *late stage neck growth* (Gambar 5).

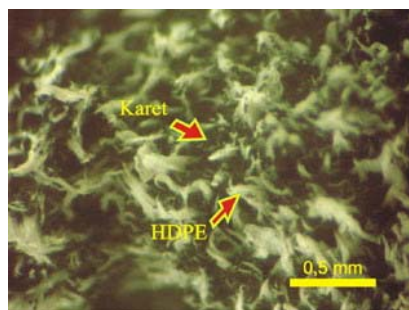


(a)

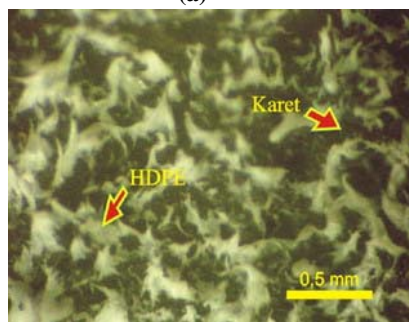


(b)

Gambar 4. Foto makro 110°C (a), 120°C (b)



(a)



(b)

Gambar 5. Foto makro 130°C(a), 140°C (b)

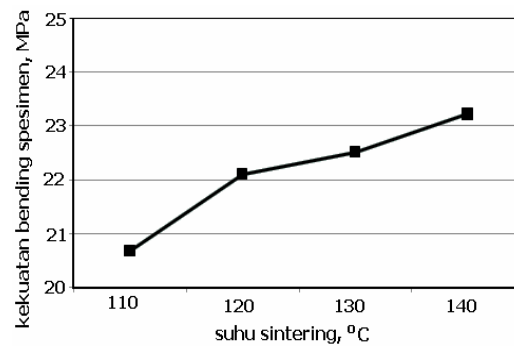
Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pamungkas [6], dengan menggunakan sintering konvensional dengan tekanan kompaksi 100MPa dan suhu sintering 140°C didapatkan kekuatan impact sebesar 13784,33 J/m² dan dengan metode *pressured sintering* pada suhu 140°C kekuatan impact yang dihasilkan sebesar 25352,15 J/m². Ini berarti dengan metode *pressured sintering* kekuatan impact yang dihasilkan lebih tinggi dari *sintering* konvensional.

Dari hasil penelitian ini juga dapat ditarik kesimpulan bahwa kekuatan impact komposit plastik-karet pada suhu 140°C lebih tinggi dari kekuatan impact HDPE murni yang besarnya 21351 J/m².

4.3. Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Kekuatan Bending

Kekuatan lentur suatu komposit sangat dipengaruhi oleh ikatan antar partikelnya. Gambar 4.(a) menunjukkan bahwa pada suhu 110°C ikatan antar partikel plastik masih lemah hal ini ditunjukkan dengan bentuk patahan dari spesimen yang masih berupa partikel-partikel serbuk

Pada suhu 120°C kekuatan lenturnya bertambah karena terjadi pertumbuhan *neck* sehingga titik kontak antar partikel plastik semakin besar, pertambahan titik kontak ini mengakibatkan ikatan antar partikel plastik semakin kuat, hal ini dapat dilihat dari bentuk patahan pada permukaan spesimen, yaitu terlihat bekas tarikan pada permukaan patahan seperti terlihat pada gambar 4.(b).



Gambar 6. Grafik pengaruh suhu sintering terhadap kekuatan lentur spesimen

Pada suhu 130°C *neck* semakin bertumbuh sehingga kekuatannya semakin meningkat, ini ditandai bekas tarikan pada permukaan patahan semakin panjang seperti di tunjukkan pada Gambar 5. Hal yang sama terjadi ketika suhu dinaikkan menjadi 140°C terjadi kenaikan kekuatan lentur karena *neck* terus bertumbuh ke arah *terminal condition fully coalesced*, dimana pada kondisi ini sudah tidak terjadi pertumbuhan *neck* lagi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Pamungkas [6], dengan menggunakan *sintering* konvensional dengan tekanan kompaksi 100MPa dan suhu *sintering* 140°C didapatkan kekuatan lentur sebesar 5,73 MPa dan dengan metode *pressured*

sintering pada suhu 140°C kekuatan lentur yang dihasilkan sebesar 19,49 MPa. Ini berarti dengan metode *pressured sintering* kekuatan lentur yang dihasilkan lebih tinggi dari *sintering* konvensional dengan suhu *sintering* yang sama.

Dari penelitian mengenai kekuatan lentur komposit HDPE-karet ini juga dapat disimpulkan bahwa kekuatan lentur komposit plastik-karet semakin mendekati kekuatan lentur HDPE murni yang besarnya 39,99 MPa.

5. Kesimpulan

- a. Komposit HDPE-Karet menunjukkan kenaikan nilai densitas ketika suhu sintering dinaikan dari suhu 110°C hingga 140°C.
- b. Komposit HDPE-Karet menunjukkan kenaikan kekuatan impak dan kekuatan lentur ketika suhu sintering dinaikkan dari suhu 110°C hingga 140°C.
- c. Pengamatan foto makro menunjukkan bahwa dengan meningkatnya suhu sintering akan memperkecil pori-pori komposit.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim, 1998, ASTM D 790-97, standards, *Standard Test Methode for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, New York
- [2] Anonim, 1998, ASTM D792-91, standards, *Standard Test Methode for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastic by Displacement*, New York
- [3] Anonim, 1998. ASTM D5941-96, standards, *Standard Test Methode for Determining The Izod Impact Strength of Plasti*, New York.
- [4] German, R. M., 1994, *Powder Metallurgy Science*, The Pennsylvania State
- [5] Morin, J.E and Farris, R.J., 2000, *Recycling of 100% Cross-Linked Rubber Powder by High Temperature High Pressure Sintering*, Encyclopedia of Polymer and Engineering, vol.37,pp.95-101
- [6] Pamungkas J., 2007, *Kajian Eksperimental Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Material Komposit Plastik-Karet Berbahan Dasar Limbah Plastik Hdpe dan Ban Bekas*, Skripsi, UNS, Surakarta
- [7] Rutz, H. G., 1997, *The Effect of The Nickel Content, Sintering Temperature and Density on The Properties of Warm Compacted 0,85w/o Molybdenum Prealloy*, Chicago, United State.
- [8] Sukanto, H., 2004, *Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Suhu Sintering Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Aluminium Water Atomized*, UGM, Jogjakarta, Indonesia.
- [9] Zubir, N.A and Ismail, A.F., 2002, *Effect of Sintering Temperature on The Morphology*

and Mechanical Properties of PTFE Membranes as a Base Substrate for Proton Exchange Membrane, Research Unit, Universiti Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia.