

# INVESTIGASI TEKANAN OPTIMAL PADA PROSES PRESSURED SINTERING KOMPOSIT PLASTIK HDPE-KARET

Heru Sukanto<sup>1</sup>

**ABSTRACT :** *The purpose of the research is to investigate the optimum compaction of pressured sintering process for HDPE-rubber composite.*

*The raw materials used are HDPE plastic waste of oil bottle and unused tire. These materials were powdered via mechanical grinding manually. The plastic powder size of -60 mesh was selected to be roled for specimen. Pressured sintering process for producing the specimens was done at 120°C for 5 minutes. Parameter observed is the sintering pressure within range of 0,5 to 2 MPa risen 0,5 MPa incrementally. Specimen testing involved density, bending strength and izot impact strength. All of testing was conducted on ASTM standard testing.*

*The result reveals that adding sintering pressured will increase density, flextural and impact strengths of about 14%, 52% and 17% respectively. The significant increasing properties occurs when the compaction reach to the optimum value, that is 1,5 MPa.*

**Keywords:** *powder technology, pressured sintering, density, particle bounding*

## LATAR BELAKANG

Paduan HDPE dan karet bisa menghasilkan sifat komposit yang kuat dan ulet (Pamungkas, 2007). Plastik HDPE memiliki sifat-sifat yang lebih baik dibandingkan jenis plastik polyetilen yang lain, sedangkan karet memiliki sifat ulet. Permasalahan yang muncul adalah bahwa kedua bahan tersebut mengalami perilaku yang bertolak belakang ketika dikenai suhu tinggi. HDPE merupakan bahan thermoplastik yang akan mengalami pelunakan ketika suhu dinaikkan. Karet (SBR) masuk dalam kategori thermosetting yang akan mengeras jika dikenai suhu tinggi.

Penerapan prinsip teknologi serbuk menjadi salah satu alternatif untuk membuat paduan atau komposit dengan bahan dasar plastik dan karet. Teknologi ini telah lama digunakan untuk membentuk produk dengan ukuran kecil dan berasal dari bahan yang sulit diproses melalui pemesinan, semisal keramik. Sebagaimana namanya, teknologi ini mempersyaratkan bahan dasar berupa serbuk dengan melalui tahapan pencampuran, kompaksi dan sintering. Faktor-faktor yang berpengaruh pada produk teknologi serbuk sangat kompleks dan bisa berasal dari penyiapan serbuk, penanganan serbuk hingga parameter proses sintering (German, 1994).

Salah satu teknik dalam teknologi sintering yang bisa mnghasilkan produk dengan densitas tinggi adalah pressured sintering atau compaction sintering. Proses ini mengaplikasikan energi tekanan dari *punch* dan temperatur tinggi secara bersamaan. Keuntungan teknik ini untuk material plastik adalah mampu mempertahankan bentuk produk sesuai cetakan (Jati, 2008). Dengan kata lain, pressured sintering tidak menyebabkan distrosi dimensi (Tutuko, 2007). Kompaksi pada suhu tinggi memungkinkan partikel serbuk mengalami re-arrangement secara sempurna dan mempermudah terjadinya *neck* sebagai embrio ikatan antar partikel serbuk.

## TINJAUAN PUSTAKA

Guerold (2004) telah melakukan penelitian pada serbuk intan dan silikon karbida untuk membuat mata bor yang tangguh, tahan gesek dan kekerasan mikronya tinggi. Pembuatan spesimen dilakukan pada tekanan kompaksi 3 hingga 9 Gpa kemudian

---

<sup>1</sup> staf pengajar jurusan Teknik Mesin FT UNS

disinter pada suhu sekitar 1650°C selama 60 detik. Pengujian spesimen meliputi keausan dan kekerasan mikro. Hasilnya menunjukkan bahwa tekanan minimum kompaksi yang paling baik adalah 6,5 Gpa untuk mendapatkan sifat kekerasan mikro dan keausan spesimen paling optimal. Tekanan diatas 6,5 Gpa tidak memperbaiki sifat spesimen secara signifikan.

Halil (2003) meneliti pengaruh tekanan kompaksi dan suhu sintering terhadap sifat mekanik komposit aluminium-alumina. Kedua bahan serbuk ditekan dengan variasi tekanan 400 hingga 700 MPa untuk menghasilkan *green body*. Sintering dilakukan pada suhu 650°C selama 5 jam pada lingkungan gas argon. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tekanan kompaksi paling optimum dicapai pada tekanan 600 MPa, selebihnya tidak menunjukkan perbaikan sifat mekanik yang berarti.

Morin dan Farris (2000) 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.

Pamungkas (2007) membuat komposit plastik-karet dengan metode teknologi serbuk konvensional. Serbuk plastik dan karet dibuat dengan penggerindaan manual dengan ukuran butir -20 mesh. *Green body* dibuat dengan kompaksi 1 MPa dan disinter didalam tungku dengan suhu 120°C. Hasilnya menunjukkan bahwa distorsi utama yang terjadi setelah sintering adalah penyusutan, sedangkan kekuatan bending dan lentur komposit melebihi kekuatan plastik tetapi dibawah kekuatan karet. Hasil yang sama juga didapat pada penelitian Said (2007).

Yonanta (2008) meneliti pengaruh ukuran partikel serbuk plastik terhadap sifat komposit plastik-karet. Dengan metode yang sama, Waluyo (2008) melakukan penelitian tentang pengaruh suhu sintering terhadap sifat komposit. Dari kedua penelitian ini didapat kondisi optimal pembuatan komposit, yakni ukuran serbuk plastik -20 mesh dan suhu sintering 120°C.

## **METODE PENELITIAN**

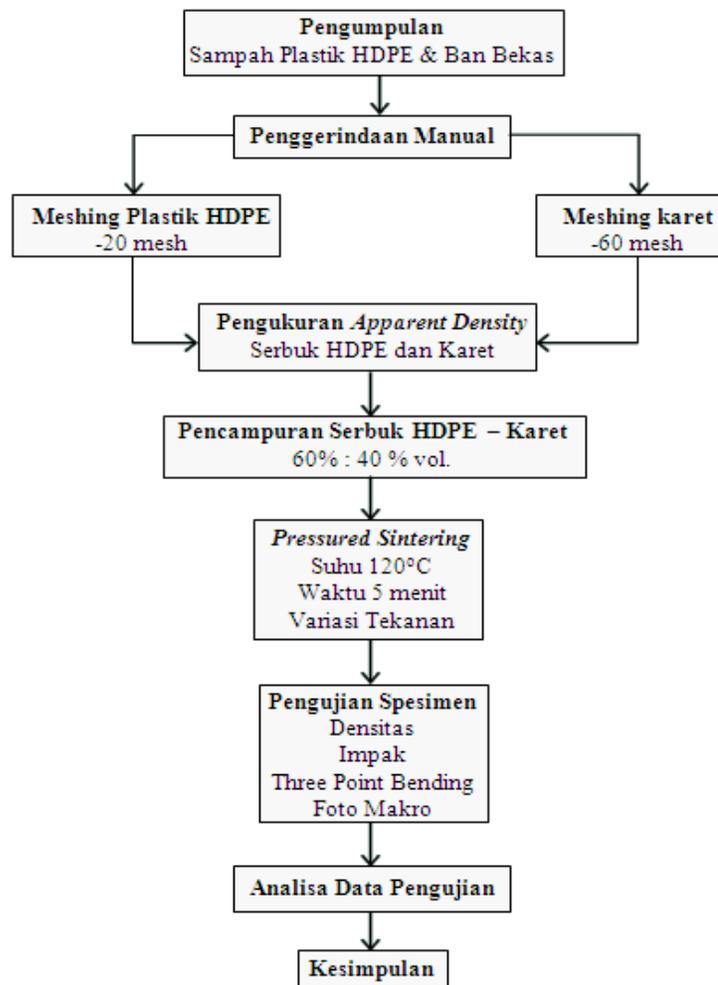
Bahan plastik dipilih dari jenis plastik HDPE yang merupakan mayoritas jumlah sampah plastik di Indonesia. Plastik HDPE yang digunakan berwarna putih dari limbah wadah oli. Warna putih dimaksudkan untuk memudahkan analisa foto makro karena kontras dengan karet. Bahan plastik pada komposit diperlakukan sebagai matrik atau pengikat. Serbuk plastik dibuat dengan cara penggerindaan dan digunakan ukuran -60 mesh.

Bahan karet diambil dari ban bekas mobil merk dagang Godyears. Serbuk karet juga dibuat dengan manual grinding. Ukuran serbuk karet yang dipakai -20 mesh. Serbuk karet diperlakukan sebagai inklusi atau pengisi dalam komposit plastik-karet.

Pencampuran serbuk dilakukan dengan metode *dry mixing* di dalam silinder baja berdiameter 2 inchi berkecepatan 190 rpm. Perbandingan serbuk plastik dan karet sebesar 60% : 40% volume. Selama proses pencampuran disertakan bola-bola baja untuk menghilangkan aglomerasi serbuk karet dan mengurangi segregasi. Setiap kali pencampuran, volume serbuk dan bola baja tidak lebih dari 40% dari volume silinder baja.

Proses *pressured sintering* dilakukan di dalam cetakan berpenampang 75 x 75 mm<sup>2</sup>. Tekanan sintering diset dalam variasi 0.5 ; 1 ; 1.5 ; dan 2 MPa serta suhu sintering diset 120°C selama 5 menit. Metode pendinginan spesimen setelah sintering adalah dengan mendingkannya dalam cetakan hingga temperatur kamar.

Spesimen hasil sintering dikenai penggerindaan untuk disesuaikan ukurannya dengan standar pengujian ASTM. Pengujian spesimen meliputi densitas (ASTM-D792), uji impak (ASTM-D5941) dan *three point bending* (ASTM D-790). Pengamatan struktur ikatan antara plastik dan karet dilakukan dengan foto makro.



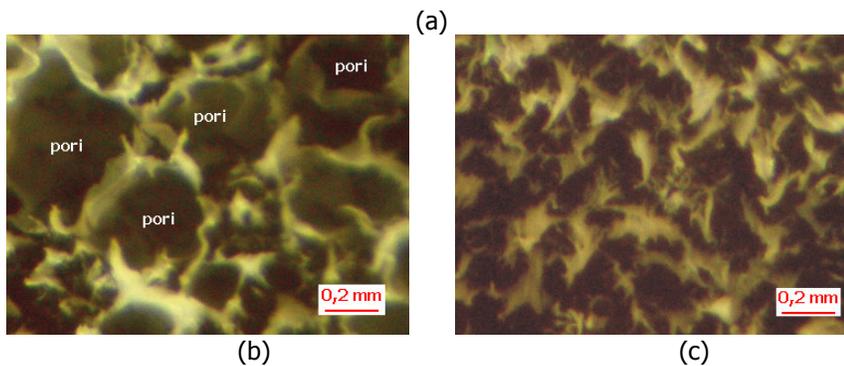
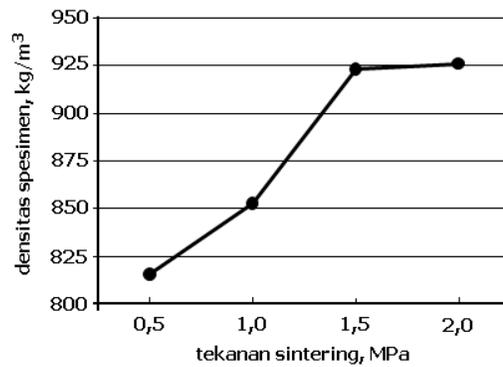
Gambar 1. Diagram alir penelitian

## DATA DAN ANALISA

### Korelasi Tekanan Sintering dan Densitas Spesimen

Grafik pada Gambar 2.a menunjukkan peningkatan densitas akibat variasi tekanan sintering. Komposit HDPE-karet hasil tekanan sintering 0,5 MPa densitasnya sekitar  $816 \text{ kg/m}^3$ . Pada tekanan sintering 1 MPa terjadi peningkatan yang tidak terlalu signifikan, yakni densitas spesimen menjadi  $853 \text{ kg/m}^3$ . Penambahan densitas maksimum terjadi pada tekanan sintering 1,5 MPa dan saat tekanan sintering dinaikkan menjadi 2 MPa tidak terjadi penambahan densitas yang berarti. Secara keseluruhan, densitas spesimen masih berada di bawah densitas HDPE murni ( $965 \text{ kg/m}^3$ ).

Tekanan sintering akan menentukan konfigurasi atau susunan partikel karet untuk menempati posisi yang ideal dalam matrik plastik. Dengan kata lain, saat serbuk dikenai komaksi akan mengalami pergerakan rearrangemen yang dapat menciptakan permukaan kontak yang luas antar partikel serbuk. Tekanan yang besar dapat mengurangi ruang antar serbuk sehingga ukuran dan jumlah pori akan berkurang. Suhu sintering  $120^\circ\text{C}$  sudah cukup membuat terjadinya ikatan antar partikel serbuk HDPE karena pada suhu ini plastik sudah mendekati titik *melting (glaze point)*. HDPE mengalami deformasi termal akibat akumulasi energi panas dan tekanan punch. Keadaan ini akan menyempurnakan penutupan pori antar serbuk.



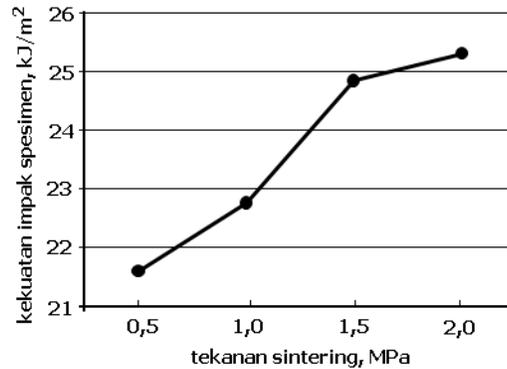
Gambar 2. Grafik hubungan densitas spesimen dan tekanan sintering (a). Foto makro pada penampang patah spesimen dengan tekanan sintering 0,5 MPa (b) dan 2,0 MPa (c)

Gambar 2 juga memperlihatkan foto makro spesimen dengan tekanan 0,5 MPa (b) dan 2 MPa (c). Dari gambar ini terlihat jelas perubahan jumlah dan luasan pori yang tercipta setelah proses pressured sintering. Dominasi porositas pada spesimen akan mengurangi densitas spesimen secara signifikan.

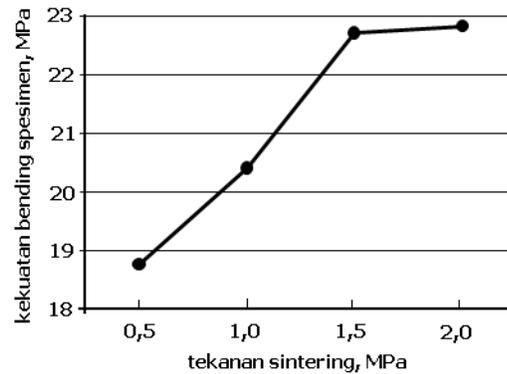
Densitas komposit HDPE-karet secara keseluruhan masih lebih rendah dari densitas HDPE ( $950 \text{ kg/m}^3$ ) dan densitas karet ban bekas ( $1650 \text{ kg/m}^3$ ). Penurunan densitas komposit dari densitas bahan penyusunnya ini menunjukkan keberadaan pori yang hampir tidak bisa tereliminasi lagi sekalipun tekanan dinaikkan secara ekstrim. Namun demikian, proses pressured sintering menghasilkan densitas produk yang lebih tinggi dibandingkan proses teknologi serbuk konvensional, selain penghematan waktu dan energi panas yang diperlukan selama proses sintering.

### Korelasi Tekanan Sintering dan Kekuatan Spesimen

Gambar 3 memperlihatkan grafik kecenderungan perubahan kekuatan impak dan bending komposit plastik-karet terhadap variasi tekanan sintering. Terdapat kecenderungan yang seragam pada kedua sifat kekuatan komposit dan densitas, yakni peningkatan paling tinggi terletak pada tekanan sintering 1,5 Mpa. Panambahan tekanan lebih dari 1,5 MPa tidak menambah kekuatan spesimen secara signifikan.



(a)



(b)

Gambar 3. Grafik hubungan kekuatan impak spesimen (a) dan kekuatan lentur (b) terhadap tekanan sintering.

Seperti yang diperlihatkan pada foto makro Gambar 2, pada tekanan sintering 0,5 MPa banyak terdapat pori pada komposit yang berlaku sebagai tempat awal retakan (*initial crack*). Penambahan tekanan kompaksi berdampak pada penyusutan jumlah dan ukuran porositas sehingga akan mereduksi *initial crack*. Peningkatan kekuatan spesimen juga disebabkan oleh bertambahnya jumlah ikatan antar partikel serbuk HDPE yang mengurung serbuk karet. Pada keadaan *glaze* dan tekanan tinggi akan mempermudah plastik mengalami mekanisme *bulk transport*. Mekanisme ini menyebabkan densifikasi pada mayoritas bagian komposit, sedang sebagian kecil lainnya mengalami *coarsening* (Barsoum, 1994). Densifikasi pada komposit ditandai dengan bertambahnya ukuran *neck* ikatan antar partikel plastik. Secara makroskopis, mekanisme ini ditandai dengan panjangnya serabut plastik pada penampang patah. Fakta lain yang dapat diambil dari foto makro adalah distribusi campuran yang relatif merata pada tekanan sintering tinggi.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa kekuatan komposit lebih tinggi jika dibandingkan dengan kekuatan impak HDPE murni ( $21,35 \text{ kJ/m}^2$ ) tetapi kekuatan bendungnya lebih rendah dari HDPE (40 MPa) (Corneliusse, 2002). Fakta ini membuktikan bahwa keberadaan karet dalam komposit mampu berkontribusi dalam meredam beban kejut, tetapi tidak memperbaiki kekuatan bending.

### KESIMPULAN

Penambahan tekanan sintering pada proses pressured sintering untuk komposit HDPE-karet akan dapat memperbaiki sifat komposit. Pola kecenderungan densitas serta kekuatan impak dan bending komposit relatif sama ketika tekanan sintering dinaikkan. Tekanan sintering yang paling optimal adalah 1,5 MPa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barsoum MW, 1994, *Fundamentals of Ceramics*, Mc-Graw Hill, Singapore
- Corneliusse, RD, 2002, *Property of High Density Polyethylene*, Modern Plastic Encyclopedia 99, p.B-198
- German M Randall, 1994, *Introduction to Powder Metallurgy Science*, The Pennsylvania State University, New Jersey
- Guerold, BS, 2003, *Influence of High Sintering Pressure on Microhardness and Wear Resistance of Diamond Powder and Silicon Carbide Based Composite*, Rio de J, Brazil
- Halil A, 2001, *Investigation of Influence of Pressing Pressure and Sintering Temperature on Mechanical Properties of Al-Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> Composite Materials*, Yozgat, Turkey
- Jati W, 2007, *Studi Pengaruh Tekanan Kompaksi Terhadap Sifat Komposit Plastik-Karet Dengan Menerapkan Teknologi Serbuk Konvensional*, Skripsi Teknik Mesin
- Morris JE and Farris RJ, 2000, *Recycling of 100% Cross Linked Rubber Powder by High Temperature High Pressure Sintering*, Encyclopedia of Polymer & engineering, Vol.37, pp. 95 – 101
- Pamungkas J, 2007, *Studi Pengaruh Suhu Sintering Pada Komposit Plastik HDPE-Karet*, Skripsi Teknik Mesin FT – UNS
- Tutuko SW, 2007, *Studi Pengaruh Waktu Sintering pada Komposit Plastik HDPE-Karet*, Skripsi Teknik Mesin FT – UNS
- Yonanta R, 2007, *Kajian Eksperimental Pengaruh Ukuran Serbuk Plastik Pada Komposit Plastik-Karet Dengan Metode Pressured Sintering*, Skripsi Teknik Mesin FT – UNS