

# OPTIMASI KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT BERBAHAN DASAR LIMBAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN KAMPAS REM

Susilo Adi Widyanto

Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang

Telepon (024) 7460059

E mail : susilo70@yahoo.com

## Abstrak

*Pemanfaatan bahan-bahan limbah untuk pembuatan produk komponen kendaraan bermotor merupakan terobosan penting yang potensial dilakukan guna menekan harga produk dan memperbaiki kualitas lingkungan*

*Paper ini melaporkan hasil penelitian optimasi karakteristik mekanik produk komposit besi cor, kuningan, PE dan asbes untuk bahan kampas rem kendaraan bermotor. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan beban kompaksi, temperatur sintering dan ukuran partikel serbuk. Selanjutnya spesimen diuji tarik, tekan, kekerasan dan mikrofografi.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik optimum dicapai pada beban kompaksi 6,15 kg/mm<sup>2</sup> dan temperatur sintering 160°C. Semakin kecil ukuran partikel semakin tinggi kekuatan tekan produk komposit dan penggunaan partikel berukuran acak menghasilkan kuat tekan minimal. Dari hasil pengujian produk dengan SEM diperoleh bahwa temperatur dan ukuran partikel menentukan pola distribusi rongga pada bahan binder dalam struktur komposit.*

*Kata kunci: kampas rem, kompaksi, komposit, sintering*

## PENDAHULUAN

Kampas merupakan komponen penting kendaraan bermotor yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan. Teknologi rem telah dikembangkan sejak teknologi transportasi bermesin ditamirkan, baik dari segi konstruksi maupun segi bahan. Hingga saat ini lebih dari 200 jenis bahan telah digunakan sebagai bahan komponen kampas rem [1]. Pengembangan bahan kampas rem yang murah dan berkualitas merupakan terobosan dalam pemecahan meningkatnya angka kecelakaan di Indonesia.

Penelitian ini merupakan realisasi pengembangan bahan kampas rem dari bahan limbah serbuk besi cor, kuningan dan limbah plastik. Selain akan berdampak pada nilai ekonomis produk juga akan mereduksi dampak polusi. Secara khusus penelitian ini ditujukan untuk menentukkan parameter optimal proses pembuatan kampas rem dan ukuran partikel serbuk bahan baku.

Kampas rem pada awalnya terbuat dari bahan anyaman katun pada tahun 1887 oleh Herbert frood [2]. Pada tahun 1920 dikembangkan bahan *asbestos crysolite* sebagai pengganti bahan katun. Seiring dengan penemuan di bidang bahan-bahan kimia, pada tahun 1930 dikembangkan kampas rem berbahan serbuk logam yang diikat dengan resin dan pada tahun 1960 bahan kampas rem semi-metals dikenalkan [3].

Dari aspek tribologi, berbagai penelitian karakteristik kampas rem optimal telah dilakukan, antara lain oleh Mariani dkk [4]. Mereka memvariasikan unsur kandungan bahan kampas untuk memperoleh tingkat keausan minimum. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa ketahanan aus kampas rem tergantung pada kandungan phosphor dalam struktur mikro, jauh lebih dominan daripada harga kekerasannya.

Salah satu proses pembuatan kampas rem adalah dengan teknik sinter, yaitu dengan proses pemanasan campuran serbuk bahan rem setelah dilakukan proses kompaksi. Salah satu penelitian untuk mengoptimasi kekerasan kampas rem telah dilakukan oleh Waluyudi dan Amelia [5]. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa kondisi optimum kekerasan dicapai pada kadar resin 15%, waktu pemanasan 6 jam, temperatur sinter 160°C. Pada kondisi itu, kekerasan kampas rem mencapai 60-70HRB.

Berdasarkan tinjauan pembentukan mekanisme ikatan antar partikel, komposit yang diteliti dibentuk secara *liquid phase sintering* (LPS), dengan bahan limbah plastik sebagai bahan pengikat (*binder*). Dalam sistem LPS, fase cair bahan pengikat berfungsi sebagai media transport. Proses *sintering* cepat (*rapid sintering*) terjadi ketika beberapa kriteria ditamirkan, yaitu: fase cair berbentuk lapisan film di sekitar fase padat, pada kondisi ini derajat kelembahan merupakan

faktor utama, fase cair memiliki kelarutan padat [6]. Huppmann menyatakan bahwa *rapid sintering* terjadi bila *diffusi transport* kelarutan atom-atom padat dalam fase cair cukup tinggi [7].

Laju densifikasi dalam LPS jauh lebih cepat dibandingkan dalam SSS [8]. Gradien penyusutan pada serbuk terinter padat secara khusus berhubungan dengan gradien densitas *green part*, sedangkan reduksi penyusutan selama *sintering* di bawah padatan dihubungkan dengan gesekan antara padatan dan material substrat [9].

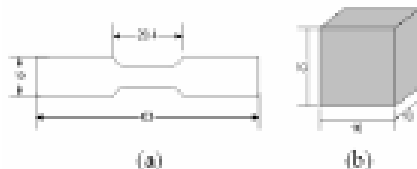
Densifikasi dan distorsi bentuk selama LPS tergantung pada gaya pendorong dan hambatan deformasi kekentalan [8]. Liu dkk menyatakan bahwa gaya kapilaritas digunakan sebagai gaya pendorong dalam pematatan dan *surface tension*, sedangkan gravitasi digunakan sebagai gaya pendorong dalam distorsi bentuk [10].

## METODOLOGI

### Persiapan bahan dan spesimen

Bahan penelitian berupa serbuk limbah besi cor, serbuk limbah kumingan, serbuk limbah plastik dan serbuk asbes. Serbuk limbah besi cor dan serbuk limbah kumingan diperoleh dari hasil proses *sieving* limbah proses bubut produk pengecoran. Ukuran partikel serbuk besi cor dan kumingan adalah 297  $\mu\text{m}$ . Serbuk limbah plastik dibuat dengan proses atomisasi piringan berputar dengan bahan baku berupa limbah plastik tutup botol. Proses atomisasi dilakukan dengan mencairkan bahan limbah pada temperatur 350°C yang dialirkan pada permukaan piringan berputar. Pembuatan serbuk dilanjutkan dengan proses pemotongan mekanik. Serbuk hasil proses di-*sieve* dengan ukuran 297  $\mu\text{m}$  (mesh 50), 400  $\mu\text{m}$  (mesh 40), 395  $\mu\text{m}$  (mesh 30) dan ukuran acak dalam jangkauan 297-600  $\mu\text{m}$ . Dengan analisis FTIR diperoleh bahwa bahan limbah tutup botol berupa bahan PE.

Serat asbes dipotong-potong dengan panjang rata-rata sekitar 1cm. Komposisi serat asbes dalam campuran bahan dilakukan dengan cara menimbang, sedangkan komposisi bahan serbuk lainnya ditentukan secara volumetrik. Spesimen dibuat dengan memvariasikan beban kompaksi, temperatur *sintering* dan ukuran partikel serbuk limbah plastik. Geometri spesimen uji tarik dan uji tekan seperti ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. a) Spesimen uji tarik, b) spesimen uji tekan

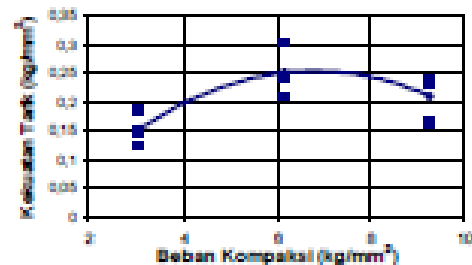
### Prosedur penelitian

Spesimen dibentuk menggunakan cetakan dengan komposisi serbuk besi cor: kumingan: limbah plastik: asbes = 5:0:5:1, ukuran partikel PE 297 $\mu\text{m}$ , campuran serbuk diaduk dengan mesin selama 10 menit. Selanjutnya, campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan dan dilakukan proses kompaksi. Tekanan kompaksi divariasikan dengan memberikan gaya tekan sebesar: 20, 40 dan 60 kN (identik dengan tekanan 3,08, 6,15 dan 9,23  $\text{kg}/\text{mm}^2$ ). *Green part* disinter pada temperatur 140°C selama 2,5 jam.

Untuk mengetahui temperatur optimal, *green part* dibuat dengan komposisi 4:5:1 dan disinter pada variasi temperatur 125, 140, 160 dan 180°C selama 2,5 jam. Pembuatan spesimen juga dilakukan dengan memvariasikan ukuran partikel serbuk PE. Spesimen produk *sintering* diuji dengan pengujian tarik, tekan, kekerasan dan mikografi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

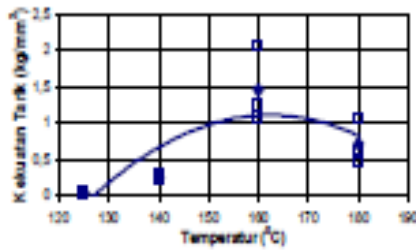
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian tarik bahan komposit menunjukkan bahwa beban kompaksi optimal dicapai pada 6,15  $\text{kg}/\text{mm}^2$ . Pada pembebanan 9,23  $\text{kg}/\text{mm}^2$ , *green part* sering kali retak sehingga sifat mekanik komposit cenderung turun. Dari hasil analisis pada kondisi beban tersebut, defleksi cetakan relatif besar sehingga ketika beban dilepas, *green part* terkena beban tekan (*spring back effect*). Cacat produk dapat diatasi dengan mempertebal dinding cetakan.



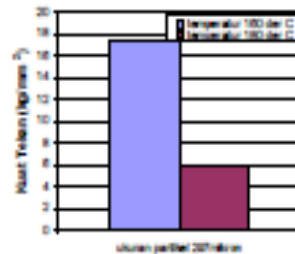
Gambar 2. Hubungan beban kompaksi dengan kuat tarik

Dari hasil pengujian tarik dengan variasi temperatur *sintering* diperoleh bahwa kuat tarik maksimum dicapai pada temperatur *sintering* 160°C.



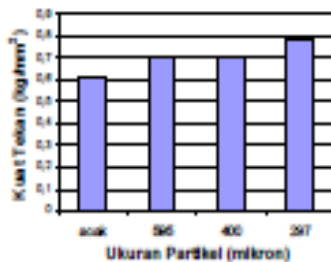
Gambar 3. Hasil pengujian tarik produk komposit dengan variasi temperatur sintering.

Hal yang sama juga ditunjukkan dari hasil pengujian tekan. Kuat tekan produk berukuran partikel 297 $\mu$ m hasil sintering pada temperatur 160°C dan 180°C seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil pengujian tekan dengan variasi temperatur pada bahan

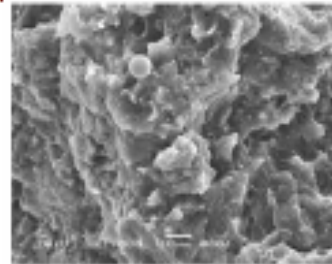
Ukuran partikel PE sebagai bahan pengikat mempengaruhi sifat mekanik produk. Ukuran partikel berkaitan langsung dengan volume rongga antar partikel. Karena proses pemanasan, partikel-partikel pengikat membentuk ikatan difusi sekaligus akan mereduksi rongga antar partikel. Penggunaan ukuran partikel kecil memperluas bidang kontak antar partikel secara keseluruhan sehingga meningkatkan kekuatan ikat antar partikel dalam produk. Pada sisi lain, mengecilnya ukuran partikel mereduksi volume rongga antar partikel. Hubungan kuat tekan produk dengan ukuran partikel PE seperti diperlihatkan Gambar 5.



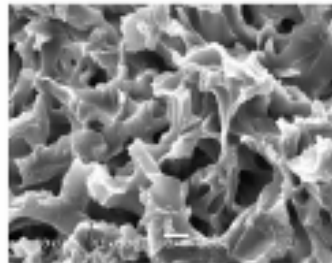
Gambar 5. Hasil pengujian tekan dengan variasi ukuran partikel (komposisi 1:2:4:4, beban kompaksi 9,23 kg/mm<sup>2</sup>, temperatur

sintering 140°C, waktu pemanasan 2,5jam).

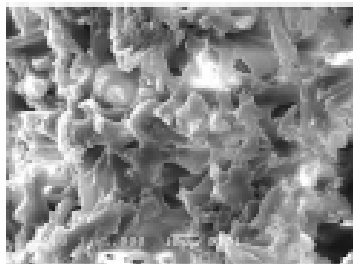
Hasil pengujian mikrofografi dengan SEM pada bahan pengikat menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur sintering, distribusi rongga di permukaan semakin merata dan ukuran rongga juga semakin kecil. Peningkatan temperatur sintering menyebabkan perubahan fase partikel ke bentuk fase cair semakin besar yang dinyatakan dengan terbentuknya pola dipermukaan. Pembentukan pola permukaan sebagai konsekuensi keluarnya gas (sebagian fase cair berubah menjadi bentuk gas pada proses pemanasan bahan polimer bertemperatur tinggi) akibat proses pemanasan. Pada temperatur 125°C, perubahan fase masih hanya terjadi di permukaan partikel sehingga bentuk partikel maupun susunannya belum berubah.



Gambar 6. Hasil SEM bahan pengikat PE hasil sintering pada temperatur 125°C (4:1:5:1, beban kompaksi 9,23 kg/mm<sup>2</sup>, ukuran 297 $\mu$ m)

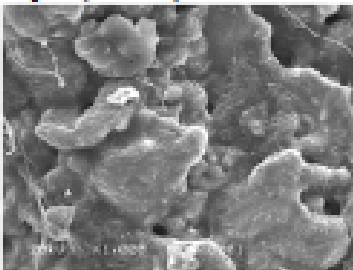


Gambar 7. Hasil SEM bahan pengikat PE hasil sintering pada temperatur 140°C (4:1:5:1, beban kompaksi 9,23 kg/mm<sup>2</sup>, ukuran 297 $\mu$ m)



Gambar 8. Hasil SEM bahan pengikat PE hasil *sintering* pada temperatur 180°C (4:1:5:1, beban kompaksi 9, 23 kg/mm<sup>2</sup>, ukuran 297µm)

Pada saat *sintering*, perambatan panas individual partikel berlangsung dari permukaan menuju ke bagian dalam. Kondisi ini menyebabkan perubahan fase dimulai dari permukaan partikel. Bila ukuran partikel diperbesar (acak dalam range 297-395µm) energi *sintering* yang diperlukan meningkat untuk mengubah fase padat menjadi fase cair atau gas. Gambar 9 menunjukkan bahwa pola permukaan yang terbentuk berbeda dengan hasil *sintering* partikel berukuran 297µm pada temperatur 140°C. Kondisi ini menjelaskan bahwa energi *sintering* belum cukup untuk mengubah fase bahan menjadi bentuk gas sehingga pola ikatan antar partikel cenderung masih masih berupa *surface transport*.



Gambar 9. Hasil SEM bahan pengikat PE hasil *sintering* pada temperatur 140°C (4:1:5:1, beban kompaksi 9,23 kg/mm<sup>2</sup>, ukuran acak).

#### KESIMPULAN

Kuat tarik optimum dicapai pada beban kompaksi 6,15 kg/mm<sup>2</sup> dan temperatur *sintering* 160°Cm. Semakin kecil ukuran partikel semakin tinggi kuat tekan produk komposit dan penggunaan partikel acak menghasilkan kuat tekan minimal (komposisi 1:2:4:4, temperatur *sintering* 140°C, waktu penahanan 2,5 jam). Dari hasil pengujian produk dengan SEM diperoleh bahwa temperatur dan ukuran partikel menentukan pola distribusi rongga pada bahan *binder* dalam struktur komposit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Weintraub, M. (1998), Brake additives consultant. Private communication
- [2] Nicholson, G. (1995), "Fact about Friction", P&W Price Enterprises, Inc., Croydon, PA.
- [3] Blau, P.J. (2001), "Composition, Function and Testing of Friction Brake Materials and Their Additives", U.S. Department of Energy
- [4] Marusic, V., Vitez, I and Kladrnic, I. (2004), "Tribological Properties of Brake Shoes with Increased Phosphorus Content", *Metaburgija*, Vol. 4, No. 4, pp.323-327.
- [5] Wahyudi, D dan Amelia (2002), "Optimasi Kekerasan Kampas Rem dengan Metode Desain Eksperimen", *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 4, NO. 1, pp. 50-58.
- [6] Lenzel, F.V., 1980, "Powder Metallurgy Principle and Applications," Metal Powder Industries Federation, pp 211-267.
- [7] Huppmann, W.J., "Sintering in the Presence of a Liquid Phase," *Sintering and Catalysis*, G.C. Kuczynski, Ed., Plenum Press, pp 359-378.
- [8] German, R.M., "Sintering Theory and Practice," John Wiley & Sons, Inc., 1996., New York, NY.
- [9] Gurland, I., 1962, "Powder Metallurgy in the Nuclear Age," F.Benesovsky, ed., Springer-Verlag, Vienna, pp.507-08.
- [10] Liu, J and German, R.M., 1999, "Densification and Shape Distortion in Liquid Phase Sintering," *Metallurgical and Materials Transactions*, vol. 30A, pp. 3211-3219.