

OPTIMASI DENSITAS FILTER BERBAHAN SERBUK ARANG KAYU-PE DENGAN PROSES SINTER

Susilo Adi Widyanto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Tembalang-Semarang 50255

Abstrak

Arang kayu telah lama digunakan sebagai bahan filter dan terbukti ekonomis. Salah satu aplikasi filter adalah proses penjernihan air. Beberapa metoda proses pembuatan filter telah dikembangkan, salah satu di antaranya adalah dengan proses sinter.

Paper ini secara khusus membahas optimasi densitas pada proses pembuatan filter aktif dengan proses sinter berbahan arang kayu jati dengan bahan pengikat limbah plastik. Parameter penelitian berupa komposisi bahan arang-bahan pengikat, waktu penahanan, ukuran partikel serbuk, beban kompaksi dan temperatur aktivasi.

Hasil pengujian densitas menunjukkan bahwa peningkatan persentase PE dalam campuran bahan filter meningkatkan densitas produk. Pada temperatur sinter 135°C, variasi waktu penahanan belum berpengaruh pada densitas produk. Peningkatan ukuran partikel serbuk menurunkan densitas produk. Temperatur aktivasi berperan dalam penentuan densitas akhir produk, peningkatan temperatur aktivasi menurunkan densitas produk akibat terjadinya peningkatan pori pada permukaan bahan arang.

Kata Kunci arang kayu, filter, PE, sinter

1. PENDAHULUAN

Teknologi filtrasi kian berkembang seiring dengan peningkatan pemanfaatan sumber daya alam. Salah satu proses yang telah dikembangkan untuk pembuatan filter adalah dengan proses sinter. Dengan teknik ini berbagai jenis material dapat digunakan sehingga ongkos produksi relatif rendah, pada sisi lain bentuk produk dapat dibuat lebih beragam.

Selain untuk filter pada proses penjernihan air, bahan karbon aktif telah lama digunakan dalam berbagai bidang antara lain untuk proses ekstraksi logam (misalnya emas), pengobatan, dan pengolahan limbah (Wikipedia, 2006). Dalam penyaringan air minum, karbon aktif digunakan sehubungan dengan sifat permukaannya. Permukaan yang luas membuat karbon aktif ideal untuk proses adsorpsi. Karbon aktif efektif untuk mengurangi klorin dan zat-zat organik pembangkit rasa, bau dan kekeruhan. Karbon aktif juga dapat digunakan untuk mereduksi emisi gas buang pada kendaraan (Austin, 1998).

Proses Filtrasi

Proses filtrasi diartikan sebagai proses pemisahan/separasi. Efisiensi filter merupakan persentase perpindahan kontaminan dalam ukuran tertentu. Sebagai contoh: filter berukuran 5µm dapat menangkap 98% partikel berukuran 5µm atau lebih besar (Purbo, 2006). Formasi *cake* (lubang permukaan) bersifat *self-filtration* saat pori pada *cake* membatasi material dan fluida yang melewati filter. Filtrasi *cake* berhubungan dengan konsentrasi kontaminan, laju aliran, dan konsentrasi runtuhan (puing). Ukuran pori permukaan menunjukkan karakteristik operasional

filtrasi *cake*. Perangkat pori internal bergantung pada bentuk pori, pori berbelok-belok menghasilkan efektivitas filtrasi tinggi (Purbo, 2006).

Kemampuan suatu filter atau membrane agar dapat ditembus didasarkan kepada ukuran dan jumlah pori yang dapat dilewati fluida dari satu sisi. Filter dapat memiliki pori terbuka (berhubungan dengan kedua sisi permukaan eksternal-*continuous pore channel*) atau pori tertutup (hanya berhubungan dengan salah satu sisi).

Pembuatan filter bergantung pada karakteristik filtrasi yang diinginkan. Ukuran partikel dan densitas merupakan parameter proses utama untuk mengatur perilaku filter. Semakin besar porositas dan semakin besar ukuran partikel yang dapat diloloskan, maka efektivitas filtrasi menurun.

Filter metalurgi serbuk paling efektif digunakan untuk fluida berviskositas rendah seperti gas. Pada filtrasi cairan (*liquid*), arus aliran merupakan faktor penentu umur filter. Arus aliran berkaitan dengan karakteristik mekanik dan efektivitas pemfilteran. Kegagalan filter hasil proses sinter biasanya disebabkan oleh ketahanan leleh yang relatif rendah. Oleh karena itu pada proses pembuatan filter dengan proses sinter, beban kompaksi harus diperhitungkan dengan teliti untuk memperoleh sifat mekanik dan faktor filtrasi terbaik.

Arang Aktif

Arang aktif merupakan senyawa karbon amorf dari bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan secara khusus. Untuk arang aktif dari adsorben berkarbon berbentuk kristal dan berpori

internal banyak, efektivitas dapat ditingkatkan dengan memperluas permukaan. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500m²/gram menyebabkan arang aktif mempunyai sifat adsorben yang baik (Sembiring dan Sinaga, 2003). Arang aktif dapat dibuat dari bahan organik seperti bambu, tempurung kelapa, dan kayu.

Pembuatan arang aktif dapat dilakukan dengan proses pemanasan sehingga terjadi karbonisasi. Temperatur pemanasan bervariasi tergantung bahan yang digunakan, untuk bahan tempurung kelapa, pemanasan dilakukan pada temperatur 400°C hingga 600°C pada kondisi minim oksigen untuk mencegah oksidasi (Pohan, 1984). Proses aktivasi dapat dilakukan kembali untuk meningkatkan efektivitas adsorpsi bahan arang.

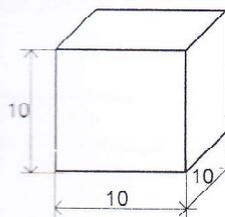
Pada prinsipnya, proses aktivasi merupakan proses untuk memperbesar pori dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan. Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisika atau kimia. Pada proses fisika, uap air direaksikan dengan karbon dioksida dan karbon hasil pirolisis pada temperatur 800-1000°C (Sembiring dan Sinaga, 2003), sedangkan secara kimia dilakukan dengan mereaksikan karbon hasil pirolisis dengan bahan-bahan kimia aktivator berupa alkali, seperti KOH, K₂CO₃, NaOH, Na₂CO₃, AlCl₃, ZnCl₂ serta H₃PO₄ (Ahmadpour, 1996). Pada beberapa kasus, karbon yang telah diaktifkan secara kimia harus diaktivasi kembali dengan uap air untuk melengkapi sifat-sifat filternya.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan Dandekar (1998), Ahmadpour (1996), dan Ottawa (1991), menyatakan bahwa aktivasi dengan KOH serta ZnCl₂ dapat menurunkan molekul organik pada proses aktivasi sehingga dihasilkan luas permukaan untuk adsorpsi tinggi (Purbo, 2006).

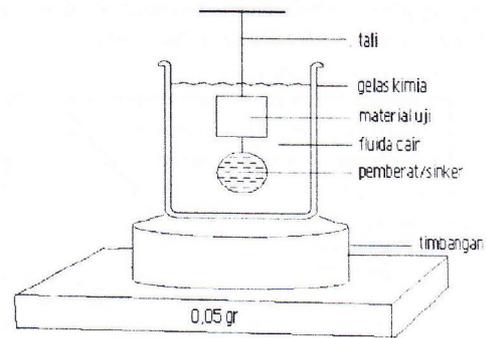
2. METODOLOGI

Persiapan bahan dan spesimen

Bahan penelitian berupa serbuk arang kayu jati yang diperoleh dari pasaran dan serbuk limbah tutup botol. Dari hasil karakterisasi bahan dengan FTIR, bahan limbah plastik identik dengan bahan polietilen (PE). Sebelum spesimen dibuat, serbuk disieving untuk memisahkan ukuran partikel. Dengan memvariasikan parameter-parameter penelitian, spesimen uji densitas dan porositas dibuat. Dimensi spesimen dan *set-up* peralatan uji densitas ditunjukkan dalam Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Dimensi spesimen uji densitas dan porositas



$$\rho = \frac{W_d}{W_{fi} - W_{fs}} \times \rho_{fluida}$$

- ρ : Densitas material (gr/cm³)
 - ρ_{fluida} : Densitas fluida, (gr/cm³)
 - W_d : Berat material di udara (gr)
 - W_{fi} : Berat total fluida yang dipindahkan oleh material-sinker (gr)
 - W_{fs} : Berat fluida yang dipindahkan oleh sinker (gr)
- Volume (V) material dihitung dengan persamaan :

$$V = \frac{W_d}{\rho}$$

Gambar 2. *Set-up* peralatan uji densitas (Barsoum, 1997)

Prosedur

Penelitian diawali proses aktivasi bahan arang yaitu dengan merendam selama 24 jam dalam larutan 1% NaOH. Setelah ditiriskan di lingkungan terbuka, bahan arang diaktivasi pada variasi temperatur selama 1,5jam. Pada saat lain pembuatan serbuk limbah plastik dilakukan dengan proses atomisasi. Bahan serbuk dipotong-potong kemudian dicuci. Proses atomisasi dilakukan pada temperatur 350°C yang dilanjutkan dengan proses pemotongan mekanis.

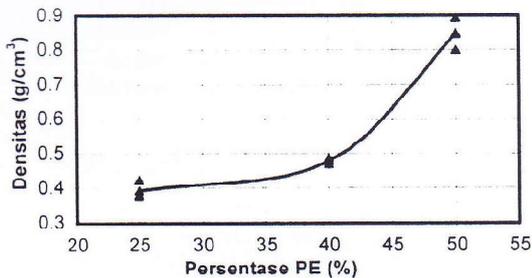
Pembuatan spesimen dilakukan dengan memvariasikan parameter proses sinter, komposisi bahan, ukuran serbuk dan temperatur aktivasi. Dari hasil pengujian spesimen dapat ditentukan pengaruh parameter proses pada densitas dan porositas filter. Variasi parameter proses meliputi persentase bahan pengikat (PE) yaitu: 25, 40 dan 50% PE, waktu penahanan yaitu 60, 90 dan 120menit, beban kompaksi meliputi 3,91; 4,83 dan 7,82g/mm², ukuran partikel serbuk (ukuran partikel serbuk arang dan serbuk PE sama) yaitu: 100, 150 dan 297µm dan temperatur aktivasi meliputi tanpa aktivasi, 350°C dan 400°C.

Untuk meningkatkan kompleksitas dan akurasi geometri produk filter, pembuatan contoh produk dengan proses *multi material deposition indirect sintering* (MMD-Is) dilakukan. Penelitian diakhiri dengan mengamati struktur pori produk dengan mikroskop optik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

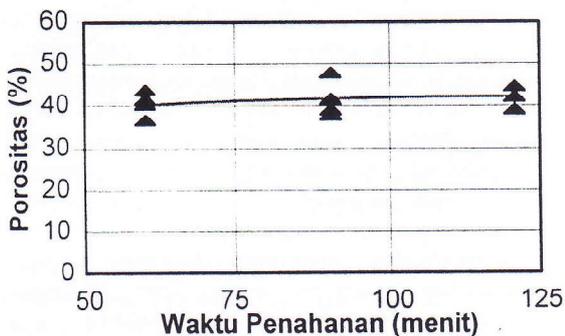
Dari hasil pengujian dengan memvariasikan persentase PE (sebagai bahan pengikat) menunjukkan bahwa densitas produk dipengaruhi oleh komposisi PE

dalam campuran. Kondisi ini menjelaskan bahwa selama proses sinter bahan PE berubah fase menjadi cair sehingga mereduksi rongga antar partikel.



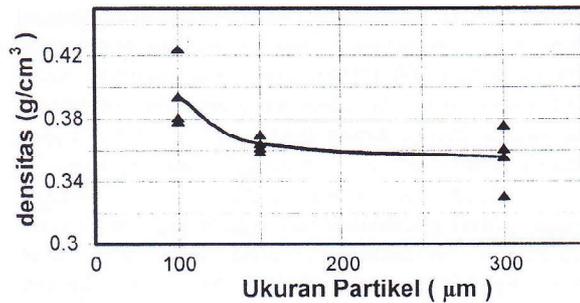
Gambar 3. a) Hubungan densitas produk dengan persentase PE (ukuran serbuk 100µm, beban kompaksi 3,91g/mm², temperatur sinter 200 C, waktu penahanan 1,5 jam, temperatur aktivasi bahan arang 400 C).

Pada temperatur sinter 135°C, variasi waktu penahanan secara umum tidak mengubah porositas produk. Kondisi ini mengindikasikan bahwa energi sinter belum cukup mengubah fase bahan PE secara keseluruhan sehingga secara fisik bentuk partikel belum berubah. Mekanisme ikatan antar partikel hanya terbentuk di daerah batas butir sehingga pereduksian volume belum terjadi. Hal tersebut seperti diperlihatkan Gambar 4 berikut ini:



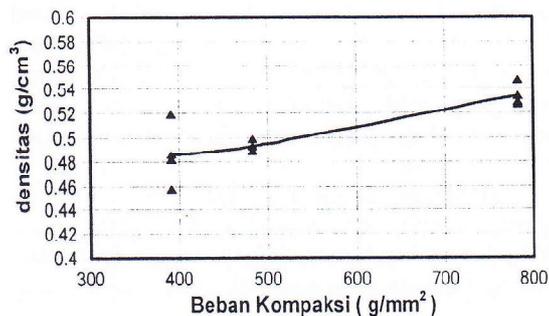
Gambar 4. Variasi waktu penahanan tidak berpengaruh pada porositas produk pada temperatur sinter 135°C.

Dari hasil pemvariasian ukuran partikel serbuk arang maupun serbuk PE diperlihatkan bahwa densitas produk menurun dengan peningkatan ukuran partikel serbuk. Membesarnya ukuran partikel meningkatkan ukuran rongga antar partikel. pada umumnya membarnya ukuran partikel diikuti dengan meningkatnya penyusutan akibat peningkatan reduksi volume rongga karena mencairnya bahan pengikat.



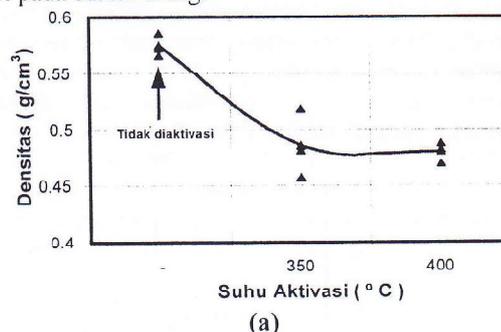
Gambar 5. Pengaruh ukuran serbuk pada proses sinter 200 C; 1,5jam, beban kompaksi 3,91g/mm².

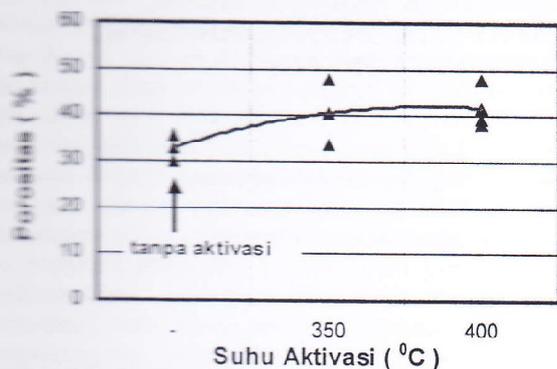
Kompaksi pada proses pembentukan greenpart ditujukan untuk memperluas bidang kontak antara partikel sehingga memperbesar terjadinya *surface transport* dan pada akhirnya meningkatkan mekanisme ikatan antar partikel. Kondisi tersebut diimbangi dengan penurunan volume rongga antar partikel pada peningkatan beban kompaksi. Kondisi yang sama ditunjukkan pada Gambar 6, densitas meningkat dengan peningkatan beban kompaksi.



Gambar 6. Hubungan densitas dengan beban kompaksi

Untuk mengamati pengaruh temperatur aktivasi bahan arang pada sifat fisik produk, pengujian dengan memvariasikan temperatur aktivasi dilakukan. Dari hasil pengujian densitas menunjukkan bahwa densitas menurun dengan meningkatnya temperatur aktivasi. Kondisi ini menjelaskan bahwa peningkatan temperatur aktivasi akan memperbesar/memperbanyak pori pada bahan arang.



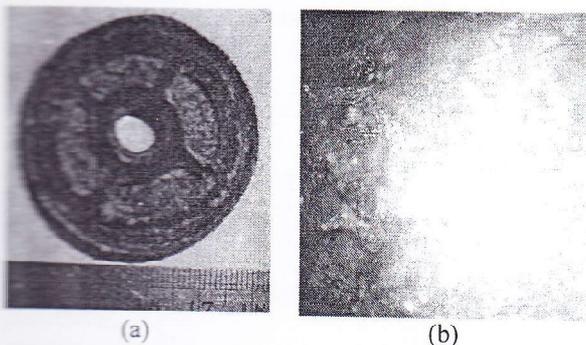


(b)

Gambar 7. Hubungan aktivasi arang dengan: a) Densitas, b) Porositas (ukuran partikel mesh 150 (100µm), campuran 40% PE, pembebanan 3,91g/mm², temperatur sinter 200° C, waktu penahanan 1,5 jam).

Perubahan pembuatan produk filter dengan proses *multi material deposition indirect sintering* (MMD-Is)

Untuk meningkatkan geometri produk, perubahan pembuatan produk juga dilakukan dengan proses MMD-Is. Dengan proses ini, geometri filter secara langsung dapat direalisasikan dengan mengacu data gambar 3D-CAD. Dari hasil pengujian alir, campuran serbuk arang dan serbuk limbah PE memiliki sifat mampu alir yang mencukupi untuk diaplikasikan dalam proses MMD-Is. Dengan pengaturan parameter proses meliputi *scanning gap* 1mm, *feeding speed* 2 mm/s, *deposition gap* 0,7mm, rasio pengerolan 1, proses dapat dijalankan dengan baik. Contoh produk seperti diperlihatkan dalam Gambar 8.



(a)

(b)

Gambar 8. Contoh produk proses MMD-Is berbahan serbuk arang-PE untuk aplikasi filter aktif a) contoh produk filter dengan proses MMD-Is, b) struktur pori pada perbesaran 100x.

4. KESIMPULAN

Peningkatan persentase PE sebagai bahan pengikat meningkatkan densitas produk. Pada temperatur sinter 135°C, variasi waktu penahanan kurang berpengaruh pada densitas produk. Semakin kecil ukuran partikel serbuk, densitas produk cenderung meningkat yang disebabkan oleh mengecilnya rongga antar partikel. Peningkatan temperatur aktivasi bahan arang menurunkan densitas produk. Kondisi ini menunjukkan terjadinya peningkatan pori bahan arang.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadpour, A., Do, D.D. (1996), "The preparation of active carbons from coal by chemical and physical activation", *Carbon*, 34, 471-479.
- Austin, R. and Miller. (1998), US Patent 4735786
- Barsoum, M.W. (1997), "*Fundamentals of Ceramics*", 1st Edition, McGraw-Hill, Singapore.
- Dandekar, A., Baker, R.T.K. and Vannice, M.A. (1998), "Effect of surface oxidation of active carbon on ammonia adsorption", *Carbon*, 36, 1831
- Otawa, T., Taribatu, R., Iton, M. (1993), "Production and adsorption characteristics of MAXSORB high surface area active carbon", *Gas Sep. Purif.*, 7, 241-245.
- Pohan, H.G. (1984), "*Pengembang Pembuatan Arang Aktif Tahap II dari Tempurung Kelapa*". Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian, Bogor; 4-8.
- Purbo. N. (2006), "Carbon Molecular Sieve dari Formaldehida", Tesis S1 UGM, Yogyakarta.
- Sembiring, M.T. dan Sinaga, T.S. (2003) "*Arang aktif, pengenalan dan proses pembuatannya*", *USU digital library*
- http://www.aacg.bham.ac.uk/active_carbon, juli 2006.wikipedia, active carbon