

PENGARUH WAKTU DAN TEMPERATUR SINTER TERHADAP DENSITAS DAN POROSITAS KOMPOSIT ALUMINIUM YANG DIPERKUAT LIMBAH GEOTHERMAL

*Sulardjaka, M.S. Rahman, C. Wahyudianto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: sulardjaka@undip.ac.id

ABSTRAK

Pembuangan limbah geothermal ke lingkungan akan mengakibatkan masalah pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi masalah pembuangan limbah geothermal ke lingkungan, perlu dilakukan upaya untuk memanfaatkan limbah geothermal tersebut. Pada penelitian ini memanfaatkan limbah geothermal sebagai penguat pada bahan komposit matrik aluminium. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode metalurgi serbuk. Pembuatan *green body* komposit dilakukan dengan penekanan secara *uniaxial* dengan tekanan kompaksi 250 MPa. *Sintering* dilakukan di dalam dapur elektrik pada lingkungan gas argon dengan variasi temperatur sinter 550 °C, 550 °C dan 600 °C dengan waktu penahanan sinter 1, 2 dan 4 jam. Pengujian terhadap densitas dilakukan berdasarkan hukum *Archimedes*. Porositas bahan komposit dihitung dengan membandingkan densitas hasil pengukuran dengan densitas teoritis.

Kata kunci: komposit, limbah geothermal, temperatur sinter, waktu sinter

1. PENDAHULUAN

Sebagai negara yang memiliki banyak gunung berapi, Indonesia memiliki sumber panas bumi berlimpah. Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang tertuang dalam Perpres No. 5 tahun 2006 menyebutkan bahwa, pada tahun 2025 kontribusi energi panas bumi diharapkan mencapai 5 % atau sekitar 9500 MW. Penggunaan energi panas bumi sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) memberikan dampak positif pada pembangunan nasional, karena panas bumi merupakan energi terbarukan yang ketersediaannya melimpah.

Penggunaan energi panas bumi memiliki nilai positif karena dapat menekan penggunaan energi fosil. Namun penggunaan panas bumi sebagai sumber energi juga memiliki dampak negatif yang harus dicari jalan keluarnya. Salah satu dampak negatif penggunaan energi panas bumi adalah produksi energi panas bumi menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan berupa *geothermal brine* dan *sludge* [1]. Limbah padat (*sludge*) berasal dari endapan pada proses pengolahan limbah cair (*geothermal brine*) dan kerak silika dari pipa-pipa instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB). Jumlah limbah geothermal yang dihasilkan sebuah PLTPB cukup besar. Sebagai ilustrasi pada pembangkit listrik berdaya 620 MW, limbah padat yang dihasilkan mencapai 11.000 ton perjam [2]. Salah satu PLTPB yang ada di Indonesia adalah Pada PLTPB Geo Dipa di Dieng Jawa Tengah. Dalam operasinya, PLTPB Geo Dipa menghasilkan limbah geothermal sebesar 165 Ton per bulan. Limbah lumpur geothermal tersebut selama ini hanya dibuang ke tempat penampungan limbah [3].

Limbah geothermal dari PLTPB Geo Dieng selama ini belum dimanfaatkan dan hanya dibuang di tempat penimbunan. Karakterisasi terhadap limbah geothermal menunjukkan bahwa limbah geothermal mengandung garam logam dan logam berat (besi, titanium, mangan, seng, arsen, boron, cadmium, timbal, nikel, tembaga) yang berpotensi mencemari lingkungan. Sampai saat ini, penelitian tentang pemanfaatan limbah geothermal lebih banyak difokuskan untuk membuat silika dari limbah geothermal [4]. Limbah geothermal memiliki kandungan silika yang cukup tinggi [5]. Kandungan silika pada limbah geothermal membuat limbah geothermal berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai penguat bahan komposit matrik aluminium. Hasil penelitian Zuhailawati, dkk. [6] yang menyebutkan bahwa penambahan silika (SiO_2) hingga 30 % meningkatkan kekerasan dan *modulus of rupture* komposit matrik aluminium. Hasil dari penelitian ini sama dengan hasil penelitian Hamouda, dkk. [7] yang menyebutkan bahwa penambahan bahan SiO_2 (*quartz*) meningkatkan kekerasan komposit aluminium yang diperkuat serbuk silika. Deqing dan Ziyuan [8] meneliti mekanisme penguatan yang terjadi antara aluminium dengan serbuk silika pada pembuatan komposit dengan metode metalurgi serbuk. Hasil pengamatan yang dilakukan dengan SEM yang di-*fit* dengan EDS, menunjukkan terjadi reaksi terbentuknya $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ pada sekeliling serbuk SiO_2 . Hal ini mengakibatkan terjadi mekanisme penguatan pada komposit aluminium yang diperkuat SiO_2 . Penelitian yang dilakukan oleh Bhatt, dkk. [9] menyebutkan bahwa penambahan sebanyak 5 % berat SiO_2 ke dalam Al-Mg, meningkatkan kekerasan bahan komposit. SiO_2 mengakibatkan terbentuknya fase MgAl_2O_4 yang bersifat keras. Proses sinter mempengaruhi sifat bahan komposit matrik logam dari proses metalurgi

serbuk. Untuk mendapatkan parameter proses sinter, maka dalam penelitian diteliti pengaruh temperatur dan waktu sinter terhadap densitas dan porositas komposit aluminium yang diperkuat limbah geothermal.

2. METODE PENELITIAN

Bahan limbah geothermal yang digunakan adalah limbah geothermal dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) di Dieng. Bahan lumpur limbah, selanjutnya dikeringkan dan diayak (*sieving*) dengan screen ukuran mesh 400 sehingga didapat serbuk geothermal dengan ukuran < 32 μm . Untuk meningkatkan kandungan silika pada limbah geothermal, dilakukan pengolahan limbah geothermal (*pre-treatment process*). Proses *pre-treatment* dilakukan adalah proses kalsinasi dan *caustic digestion*. Proses kalsinasi dilakukan dengan memanaskan limbah geothermal pada suhu 850°C selama 3 jam. Tujuan proses kalsinasi adalah untuk membakar unsur – unsur yang merugikan, seperti sulfur, kadmium dll. Selain dengan proses kalsinasi, proses *pre-treatment* juga dilakukan dengan metode *caustic digestion*, metode ini menghasilkan silika gel dari limbah geothermal. Produk hasil *pre-treatment* selanjutnya dikarakterisasi dengan uji komposisi dengan AAS, indentifikasi fasa dengan XRD dan pengamatan morfologi dengan SEM/EDS.

Pembuatan komposit matrik aluminium dilakukan dengan proses *powder metallurgy*. Serbuk aluminium yang digunakan adalah *aluminum fine powder* dengan kemurnian 99 %. Variasi penambahan % berat bahan penguat limbah geothermal 10 %. Campuran antara serbuk limbah geothermal dengan serbuk aluminium di-*mixing* di dalam *turbula mixer* yang ditambahkan bola-bola baja selama 8 jam. Pembuatan *green body* spesimen uji dilakukan dengan kompaksi penekanan tunggal dengan tekanan kompaksi 250 MPa. Proses sinter dilakukan dengan dapur elektrik pada lingkungan gas argon dengan variasi temperatur sinter : 500 °C, 550 °C dan 600 °C dengan waktu penahanan sinter 1, 2 dan 4 jam.

Pengujian densitas dilakukan berdasarkan hukum *Archimedes*. Peralatan yang digunakan adalah timbangan merk Satorius dengan ketelitian 0.001 gram dan fluida air. Skema alat uji densitas ditunjukkan pada Gambar 1. Densitas bahan komposit dapat dicari dengan Persamaan (1).

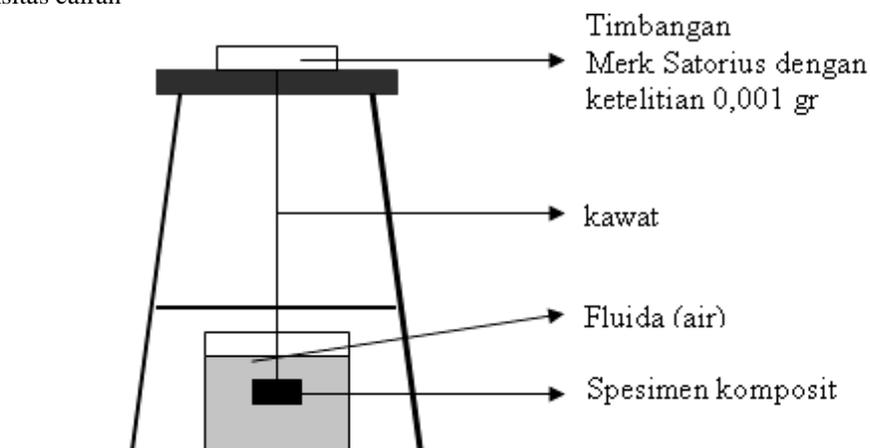
$$\rho = \frac{W_{air}}{(W_{air} - W_{fluid})} \times \rho_{fluida} \quad (1)$$

dimana:

w_{air} = berat sampel di udara.

w_{fluid} = berat sampel di dalam cairan.

ρ_{fluid} = densitas cairan

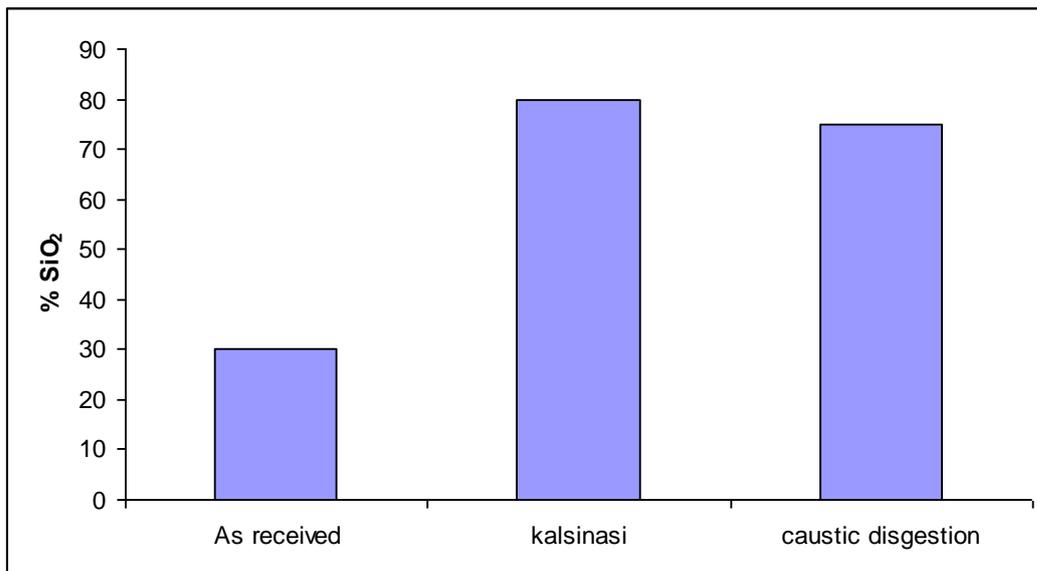


Gambar 1. Skema alat uji densitas.

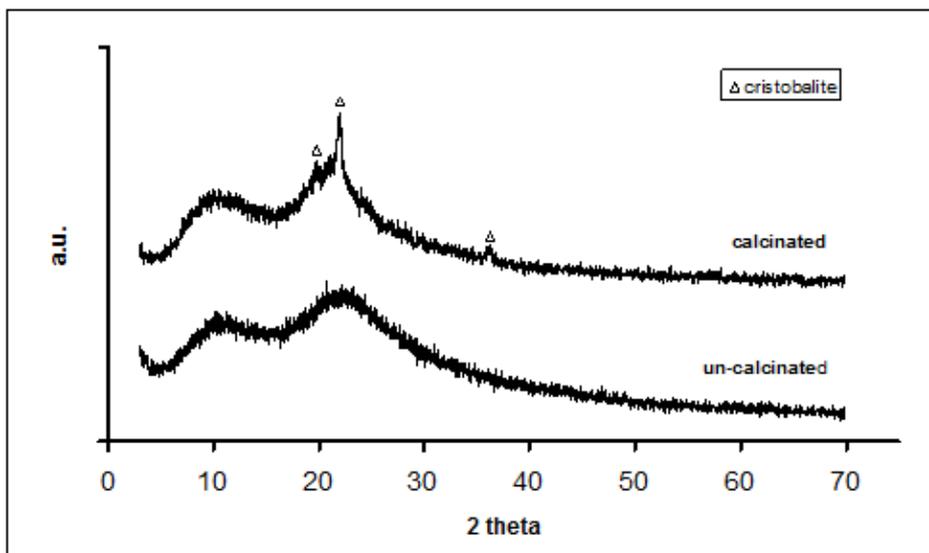
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses kalsinasi atau karbonasi bertujuan untuk menghilangkan komponen organik yang terdapat pada suatu material, sehingga akan meningkatkan kandungan senyawa anorganik terutama SiO_2 . Suhu kalsinasi yang digunakan untuk serbuk *geothermal* adalah 850°C selama 3 jam, pemilihan suhu tersebut karena suhu 850°C dianggap suhu optimum untuk menghilangkan senyawa organik yang terkandung didalam serbuk *geothermal*. Setelah serbuk *geothermal* dikalsinasi, dilanjutkan proses karakterisasi material menggunakan metode AAS dan XRD untuk mengetahui perubahan komposisi kimia dan fasa kristalin dari serbuk *geothermal*. Pengujian AAS dengan

menggunakan alat Shimadzu tipe AA-6650. Sedangkan pengujian XRD menggunakan difraktometer XRD-6000 merk Shimadzu dengan kondisi operasi melibatkan radiasi Cu pada 40.0 kV 30 mA dan sampel discan dengan range sudut (2θ) $3^\circ - 70^\circ$. Pengaruh proses pre-treatment terhadap % berat SiO_2 ditunjukkan pada Gambar 2.



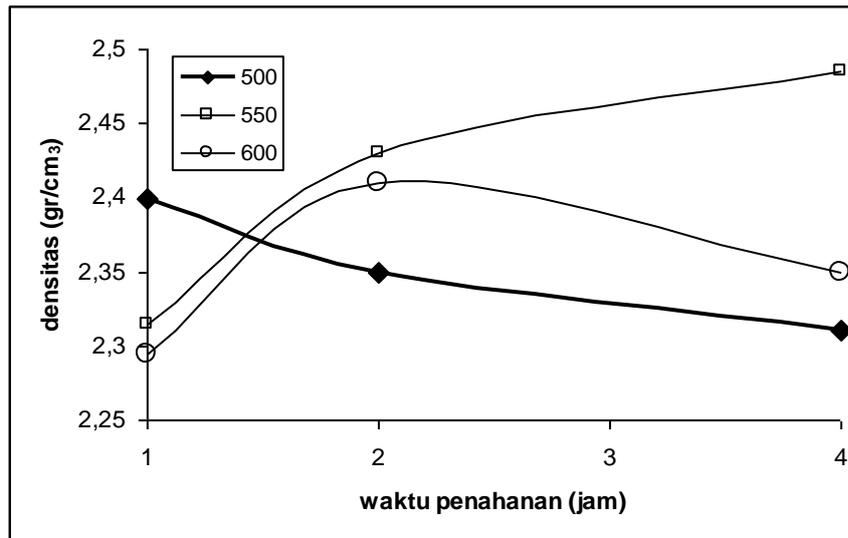
Gambar 2. Pengaruh proses pre-treatment terhadap % SiO_2 dalam limbah geothermal



Gambar 3. Hasil pengujian XRD serbuk limbah geothermal sebelum dan sesudah kalsinasi

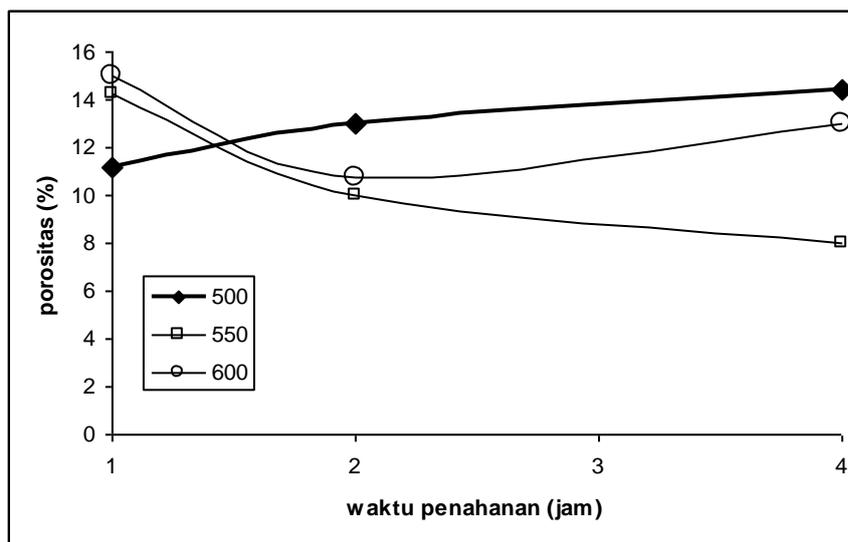
Dari Gambar 2 tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa dengan proses kalsinasi % SiO_2 meningkat dari sekitar 30 % menjadi 80 %. Proses *caustic digestion* meningkatkan % SiO_2 dari 30 % menjadi sekitar 75 %. Gambar 3. menunjukkan hasil pengujian XRD serbuk limbah geothermal sebelum dan sesudah kalsinasi. Gambar 3 menunjukkan bahwa akibat proses kalsinasi terjadi perubahan dari SiO_2 amorf menjadi SiO_2 kristalin (*cristobalite*).

Densitas dan porositas komposit ditunjukkan pada Gambar 4. Grafik pada gambar 4 tersebut menunjukkan perilaku sinter yang berbeda untuk tiap suhu sinter yang berbeda. Sinter pada temperatur 500 °C menunjukkan bahwa dengan penahanan 1 jam, didapat densitas komposit tertinggi. Penambahan waktu sinter mengakibatkan menurunnya densitas komposit. Sinter pada temperatur 550 °C meningkatnya waktu sinter dari 1, 2 ke 4 jam mengakibatkan meningkatnya densitas komposit. Perilaku berbeda ditunjukkan pada proses sinter pada suhu 600 °C. Pada temperatur sinter 600 °C, densitas tertinggi didapat pada waktu sinter 2 jam. Densitas pada sinter selama 2 jam meningkat jika dibandingkan sinter pada waktu 1 jam. Penambahan waktu sinter menjadi 4 jam, justru menurunkan densitas komposit.



Gambar 4. Pengaruh waktu dan temperatur sinter terhadap densitas komposit.

Pengaruh temperatur dan waktu sinter terhadap porositas komposit, ditunjukkan pada Gambar 5. Grafik pada Gambar menunjukkan bahwa porositas terendah didapat pada temperatur 550°C dengan waktu 4 jam.



Gambar 5. Pengaruh waktu dan temperatur sinter terhadap porositas komposit

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Proses kalsinasi meningkatkan % SiO_2 dari 30 % menjadi 80 %, *caustic digestion* meningkatkan % SiO_2 menjadi 75 %.
- 2) Porositas terendah sebesar 8 % didapat pada temperatur sinter 550 °C dengan waktu penahanan 4 jam.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brophy,P., 1997, Enviromental Advantages to The Utilization of Geothermal Energy, *Renewable Energy*, Vol. 10, No. 213, pp. 361-311.
- [2] Lund, J.W., 1995, Use of Silica Waste from The Cerro Prieto Geothermal Field as Construction Material, *GHC Bulletin*, <http://geoheat.oit.edu/pdf/bulletin/bi073.pdf>. Diakses 1 Februari 2012.
- [3] Suprpto, S.J. 2009, Panas Bumi Sebagai Sumber Energi dan Penghasil Emas, *Warta Geologi, Volume 4 (2)*.
- [4] Premuzic, R., dan Lin, M.S., 2003, Conversion of Geothermal Waste to Commercial Product Including Silica, *US Patent No : US. 6.537.796.BI*.

- [5] Gallup, D.L., 2009, Production engineering in geothermal technology: A review, *Geothermics* 38 (2009), pp : 326–334.
- [6] Zuhailawati,H., Samayamutthirian, P., dan Mohd Haizu, C.H., 2007, Fabrication of Low Cost of Aluminium Matrix Composite Reinforced With Silica Sand, *Journal of Physical Science*, Vol. 18(1), pp : 47–55.
- [7] Hamouda, A.M.S., Sulaiman, S., Vijayaram, T.R., Sayuti, M., dan Ahmad,H.M, 2007, Processing and characterisation of particulate reinforced aluminium silicon matrix composite, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol : 25 (2), pp : 11 – 16.
- [8] Deqing, W., dan Ziyuan, S., 2001, Aluminothermic Reduction of Silica for the Synthesis of Alumina-Aluminium-Silicon Composite, *Journal of Materials Synthesis and Processing*, Vol : 9 (5), pp : 241 – 246.
- [9] Bhatt, J., Balachander, N., Shekher, S., Karthikeyan, R., Peshwe, D.R., Murty, B.S., 2012, Synthesis of nanostructured Al–Mg–SiO₂ metal matrix composites using high-energy ball milling and spark plasma sintering, *Journal of Alloys and Compounds* 536S, pp : s35 – s40.