

Pengaruh Waktu Sinter terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Aluminium yang Diperkuat Serbuk Limbah *Geothermal*

Sulardjaka^{1,a*} dan C. Wahyudianto^{1,b}

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang

^asulardjaka@undip.ac.id, ^bWahyudianto@student.undip.ac.id

Abstrak

Penggunaan geothermal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) memberikan dampak positif, karena geothermal merupakan energi ketersediaannya cukup melimpah. Namun, penggunaan geothermal 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 panas bumi mengandung kandungan silika yang cukup besar, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah geothermal sebagai penguat pada bahan komposit matrik aluminium. 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 600 °C dengan waktu penahanan 1,2 dan 4 jam. Pengujian sifat komposit yang dilakukan meliputi: densitas, kekerasan dan kekuatan *bending*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa densitas komposit berkisar 2,18 - 2,20 gr/cm³. Nilai kekerasan tertinggi didapat pada fraksi berat serbuk limbah *geothermal* 20% ,waktu penahanan 2 jam dengan nilai 54 HRB. kekuatan *bending* pada tertinggi pada persentase serbuk 20% , dengan waktu penahanan 4 jam sebesar 116,2 Mpa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat mekanis meningkat seiring dengan peningkatan persentase serbuk limbah *geothermal* sampai 20%.

Kata kunci : waktu sinter, komposit, limbah geothermal.

Pendahuluan

Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang tertuang dalam Perpres No. 5 tahun 2006 menyebutkan bahwa, pada tahun 2025 konstribusi 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 sebagai sumber energi juga memiliki dampak negatif. Dampak negatif penggunaan energi *geothermal* adalah dalam produksi energinya, energi panas bumi menghasilkan limbah, yaitu: *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].

Untuk mengurangi pembuangan limbah geothermal ke lingkungan, beberapa penelitian

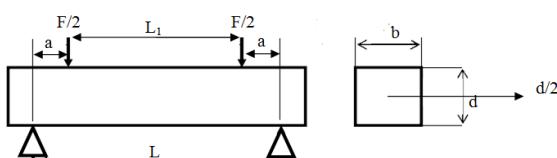
untuk memanfaatkan limbah geothermal mulai dilakukan. Limbah geothermal memiliki kandungan silika yang cukup tinggi [3]. Penelitian pemanfaatan limbah geothermal yang telah dilakukan antara lain digunakan sebagai sebagai campuran semen [4,5]. Premuzic dan Lin telah mematenkan metode pengolahan limbah geothermal menjadi silika [6]. Limbah geothermal memiliki kandungan yang mirip dengan limbah abu terbang. Limbah abu terbang telah banyak diteliti sebagai penguat pada komposit dengan matrik aluminium. Dari karakteristik limbah abu terbang dapat disimpulkan bahwa SiO₂ di dalam limbah geothermal dapat meningkatkan sifat mekanis aluminium. Penambahan silika (SiO₂) hingga 30 % meningkatkan kekerasan dan *modulus of rupture* komposit matrik aluminium [7]. Penelitian ini, meneliti pemanfaatan limbah geothermal sebagai penguat bahan komposit matrik aluminium.

Metode Penelitian

Limbah geothermal diambil 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 $< 32 \mu\text{m}$. Limbah *geothermal* diproses menggunakan metode *caustic digestion*. Proses *caustic digestion* dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH 2M sebanyak 400 mL untuk molarutkan 40 gram serbuk limbah *geothermal* pada gelas beaker. Campurkan larutan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirer* pada suhu 100°C dengan kecepatan putaran pengadukan sebesar 400 rpm. Kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring *whatsman* dan pompa vakum untuk memisahkan natrium silikat dan residu. Larutan natrium silikat diasamkan dengan penambahan HCl 1 molar sampai pH 9. Penambahan HCl ke dalam larutan natrium silikat menghasilkan gel. Gel yang terbentuk selanjutnya diagring selama 24 jam. Setelah itu, ditambahkan air demin ke dalam gel sehingga gel pecah membentuk *slurry*. *Slurry* disaring menggunakan kertas *whatsman* agar proses penyaringan lebih cepat maka dibantu dengan pompa vakum. Hasil penyaringan berupa gel dan air yang akan dibuang. Kemudian *slurry* dikeringkan dalam *oven* dengan suhu 100°C selama 24 jam. Tahapan terakhir hasil gel yang mengeras kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan di *sieving* dengan ukuran 300 mesh. Kandungan senyawa pada limbah *geothermal* diuji dengan metode AAS.

Kemudian limbah *geothermal*: 5%, 10% dan 20% berat komposit, dicampur dengan serbuk aluminium. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode serbuk metalurgi. Proses *mixing* serbuk alumunium dengan limbah *geothermal* dilakukan dengan *turbula mixer* selama 7 jam. *Green body* dibuat dengan kompaksi *uni-axial* dengan tekanan 250 Mpa. Proses sinter dilakukan pada suhu 600 °C pada lingkungan gas argon dengan waktu penahanan sinter: 1 jam, 2 jam dan 4 jam. Untuk mengetahui sifat mekanis AMC dilakukan pengujian densitas, pengujian kekerasan dan pengujian *bending*. Uji densitas dilakukan berdasarkan metode *Archimedes*, pengujian kekerasan dilakukan dengan pengujian kekerasan Rockwell B, pengujian *bending* dilakukan dengan metode uji *bending* 4 titik berdasarkan standarisasi ASTM C1161, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Tegangan *bending* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$\sigma = \frac{\frac{F \cdot a \cdot d}{2} \cdot \frac{d}{2}}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot d^3}$$

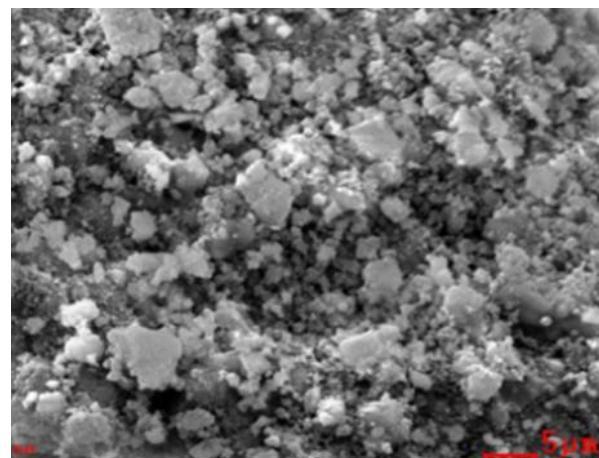
$$\sigma = \frac{3 \cdot F \cdot a}{b \cdot d^2} \quad (1)$$

keterangan :

- σ : tegangan normal maximum (Mpa)
- M : momen lentur (N.mm)
- c : jarak titik berat spesimen ke permukaan
- I : momen Inersia
- F : beban/ load (N)
- a : selisih jarak L-L₁ (mm)
- L : panjang span/tumpuan bawah (mm)
- b : lebar spesimen (mm)
- d : tebal spesimen (mm)

Hasil dan Pembahasan

Foto SEM limbah *geothermal* setelah mengalami proses *caustic digestion* ditunjukkan pada Gambar 1. Kandungan SiO₂ pada *as receive* limbah *geothermal* dan setelah proses *caustic digestion* ditunjukkan pada Tabel 1. Proses *caustic digestion* meningkatkan kandungan SiO₂ pada limbah *geothermal* dari 26, 28 % menjadi 74,24 %.



Gambar 1. Limbah *geothermal* setelah diproses dengan proses *caustic digestion*.

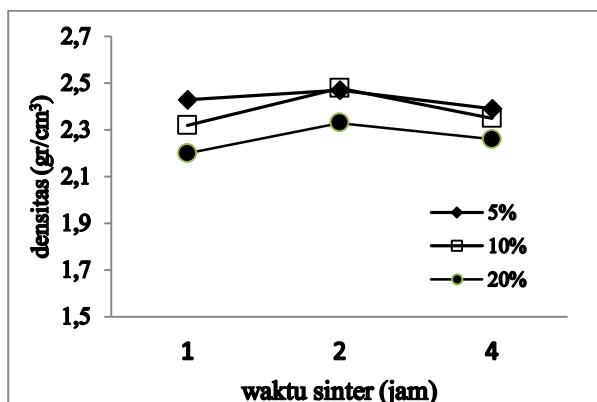
Tabel 1. Hasil pengujian AAS

	Material	SiO ₂ (%)
1	<i>as received</i>	26,28
2	<i>caustic digestion</i>	74,24

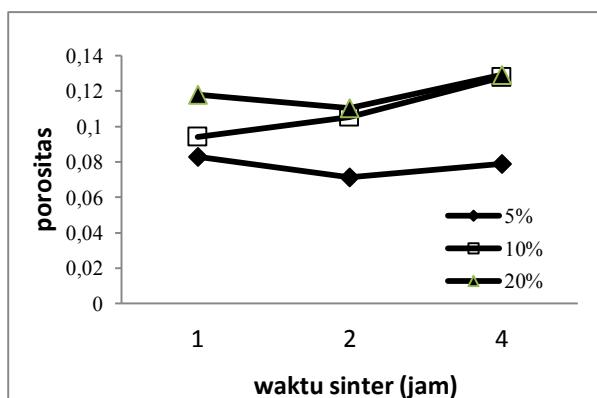
Hasil pengujian densitas ditunjukkan pada Gambar 2. Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan % berat limbah *geothermal* menurunkan densitas komposit. Waktu sinter berpengaruh terhadap densitas komposit. Pada temperatur sinter 600°C, densitas tertinggi dicapai

pada waktu sinter selama 2 jam. Meningkatnya waktu sinter dari 1 jam ke 2 jam meningkatkan densitas komposit, namun peningkatan waktu sinter dari 2 jam ke 4 jam menurunkan densitas komposit. Gambar 3. Menunjukkan pengaruh waktu sintering dan % berat serbuk limbah geothermal terhadap porositas komposit. Peningkatan % berat serbuk limbah geothermal, mengakibatkan peningkatan porositas komposit.

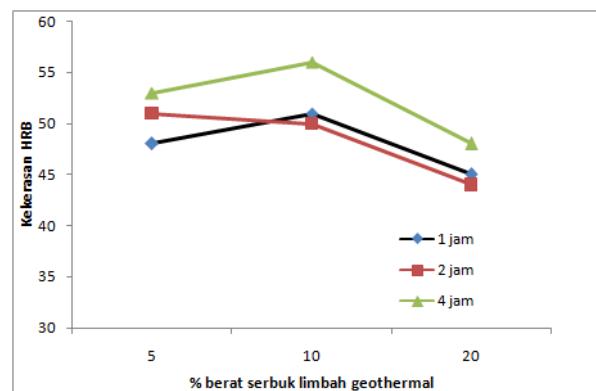
Kekerasan komposit yang diperkuat limbah *geothermal* ditunjukkan pada Gambar 4. Kekerasan tertinggi didapat pada waktu sinter 4 jam. Peningkatan % berat serbuk penguat hingga 10 % meningkatkan kekerasan komposit, namun peningkatan % berat serbuk penguat dari 10 % ke 20 % mengakibatkan penurunan kekerasan komposit.



Gambar 2. Densitas komposit aluminium yang diperkuat serbuk limbah *geothermal*.

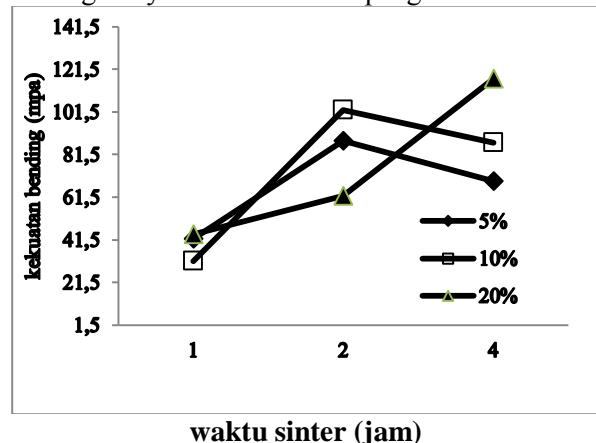


Gambar 3. Porositas komposit aluminium yang diperkuat serbuk limbah *geothermal*

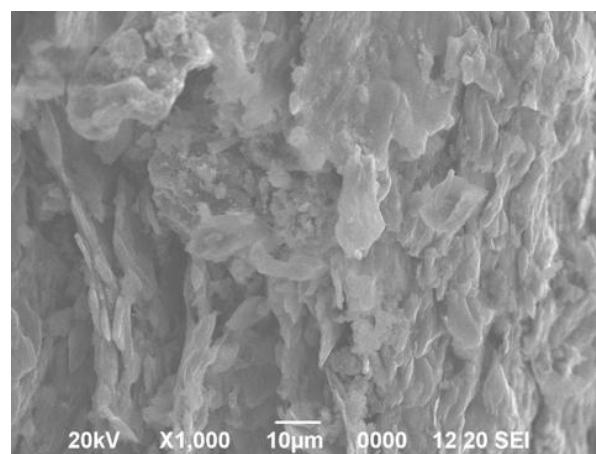


Gambar 4. Kekerasan komposit aluminium yang diperkuat serbuk limbah *geothermal*.

Kekuatan *bending* komposit aluminium yang diperkuat serbuk limbah *geothermal* ditunjukkan pada Gambar 5. Kekuatan *bending* tertinggi didapat pada waktu sinter 4 jam. Pada waktu sinter 4 jam, kekuatan *bending* meningkat dengan meningkatnya % berat serbuk penguat.



Gambar 5. Kekuatan *bending* komposit



Gambar 6. Foto SEM patahan komposit.

Gambar 6 menunjukkan bahwa fenomena patah yang terjadi adalah patah getas. Hal ini ditunjukkan dengan tekstur patahan lebih cenderung pada patahan yang melintasi butir (*transgranular*).

Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil memanfaatkan limbah serbuk *geothermal* sebagai serbuk penguatan pada pembuatan komposit dengan matrik aluminium. Penambahan serbuk limbah *geothermal*, menurunkan densitas komposit. Penambahan sampai 10 % berat meningkatkan kekerasan maupun kekuatan *bending*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah mendanai kegiatan penelitian ini melalui dana Penelitian DIPA FT-UNDIP tahun 2013.

Daftar Pustaka

- [1]. Brophy,P. , Enviromental Advantages to The Utilization of Geothermal Energy, Renewable Energy, 213 (1997) 361-311.
- [2]. Lund, J.W., Use of Silica Waste from The Cerro Prieto Geothermal Field as Construction Material, *GHC Bulletin* 1995, <http://geoheat.oit.edu/pdf/bulletin/bi073.pdf>. Diakses 1 Februari 2012.
- [3]. Gallup, D.L., 2009, Production engineering in geothermal technology: A review, *Geothermics* 38 (2009), pp : 326–334.
- [4]. Lauren, Y., Zamorano, G., dan García, J.I.E, 2010, Effect of Curing Temperature on the Nonevaporable Water in Portland Cement Blended with Geothermal Silica Waste, *Cement & Concrete Composites* 32 , pp : 603–610.
- [5]. Garcia, J.I.E, Gorokhovsky, A.V., Mendoza, G. dan Fuentes, A.F., 2003, Effect of Geothermal Waste on Strength and Microstructure of Alkali-Activated Slag Cement Mortars, *Cement and Concrete Research* 33, pp : 1567–1574.
- [6]. Premuzic, R., dan Lin, M.S., 2003, Conversion of Geothermal Waste to Commercial Product Including Silica, US Patent No : US. 6.537.796.B1.
- [7]. Zuhailawati,H., Samayamuthirian, P., dan Mohd Haizu, C.H., 2007, Fabrication of Low Cost of Aluminium Matrix Composite Reinforced With Silica Sand, *Journal of Physical Science*, 1 (2007) 47–55.