



Terbit Online pada laman web : <http://jif.fmipa.unand.ac.id/>

Jurnal Ilmu Fisika

| ISSN (Print) 1979-4657 | ISSN (Online) 2614-7386 |



KARAKTERISASI SINTER SILIKA MATA AIR PANAS GARARA KAB. SOLOK DAN MATA AIR PANAS SAPAN MALULUANG KAB. SOLOK SELATAN MENGGUNAKAN METODE ANALISIS TERMAL

Ardian Putra*, Rizky Ramadhan, Rahmat Ilham

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus UNAND Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

*Korespondensi ke: ardianputra@sci.unand.ac.id

(Diterima: 21 November 2018; Direvisi: 23 Februari 2019; Diterbitkan: 01 Maret 2019)

ABSTRAK

Telah dilakukan karakterisasi sinter silika dari mata air panas Garara, Kabupaten Solok, dan mata air panas Sapan Maluluang, Kabupaten Solok Selatan, Sumatera Barat. Sinter silika dimurnikan untuk meningkatkan kadar SiO_2 menggunakan metode ekstraksi padat-cair. Peningkatan kadar SiO_2 dapat dilihat berdasarkan hasil uji XRF (*X-Ray Fluorescence*). Kadar SiO_2 Sampel sinter silika Garara meningkat, dari 54,28 % menjadi 79,034 % setelah pemurnian. Pada sampel sinter silika Sapan Maluluang kadar SiO_2 meningkat dari 83,39 %, menjadi 95,216 %. Metode Analisis Termal atau *Differential Thermal Analysis* (DTA) digunakan untuk melihat perubahan fasa kristalin dari sintel silika. Berdasarkan pengujian DTA diperoleh hasil transisi gelas sampel sinter silika Garara dan Sapan Maluluang berturut-turut pada suhu 530,83 °C dan 551,52 °C. Silika Garara mengalami perubahan $\alpha \rightarrow \beta$ -quartz pada suhu 643,66 °C dan perubahan β -quartz \rightarrow β -trydimite terjadi pada suhu 811,48 °C. Untuk hasil DTA sinter silika Sapan Maluluang terjadi perubahan $\alpha \rightarrow \beta$ -quartz pada suhu 657,48 °C dan transisi β -quartz \rightarrow β -trydimite terjadi pada suhu 700,45 °C. Hal ini memperlihatkan sinter silika dengan kandungan silika yang lebih tinggi dan berstruktur amorf memiliki transisi gelas dan suhu transisi $\alpha \rightarrow \beta$ -quartz yang lebih tinggi dan transisi β -quartz \rightarrow β -trydimite yang lebih rendah dibandingkan sinter silika yang masih mengandung karbonat.

Kata Kunci : sinter silika, ekstraksi, pemurnian, analisis termal, mata air panas Garara, mata air panas Sapan Maluluang

ABSTRACT

Thermal analysis of siliceous sinter from Garara hot springs, Solok, and Sapan Maluluang hot springs, South Solok, West Sumatra had been characterized. The siliceous sinter are initially purified to increase the SiO₂ content using a solid-liquid extraction method. The purification method was treated using leaching method. Increased levels of SiO₂ can be seen from XRF (X-Ray Fluorescence) test results. SiO₂ content Garara siliceous sinter samples increased from SiO₂ 54.28 % to 79.034% after purification. In the Sapan Maluluang siliceous sinter sample, the initial SiO₂ increased from 83.39 %, to 95.216 % after refining. Thermal analysis was carried out using Differential Thermal Analysis (DTA) method to see the crystalline phase changes from silica sinter. Based on DTA test, the glass transition from sample at Garara and Sapan Maluluang hot spring occurred at 530.83 °C dan 551.52 °C, respectively. The change $\alpha \rightarrow \beta$ -quartz of Garara sample occurs at 543.66 °C, and β -quartz $\rightarrow \beta$ -tridymite occurs at 811.48 °C. Another sample from Sapan Maluluang, $\alpha \rightarrow \beta$ quartz changes at 657.48 °C and β -quartz $\rightarrow \beta$ -tridymite changes at 700.45 °C. It shows that high content of silica and amorph structure has higher glass transition and $\alpha \rightarrow \beta$ -quartz transition, lower β -quartz $\rightarrow \beta$ -tridymite transition than siliceous sinter that still contains carbonate.

Keywords: silica sinter, extraction, purification, thermal analysis, Garara hot spring, Sapan Maluluang hot spring

1. PENDAHULUAN

Pada sistem panas bumi silikon dan oksigen merupakan unsur yang sering hadir ke permukaan dalam bentuk sinter silika (SiO₂). Sinter silika berasal dari reservoir panas bumi bersuhu tinggi yang muncul ke permukaan sebagai manifestasi panas bumi. Silika biasanya dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dengan ukuran tergantung aplikasinya seperti, pada industri ban, karet, gelas, semen, beton, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, pasta gigi, dan lain-lain.

Indonesia saat ini memiliki total 252 lokasi Wilayah Kerja Pertambangan (WKP) panas bumi yang tersebar di seluruh Indonesia mengikuti jalur pembentukan gunung api yang membentang dari Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Sulawesi sampai Maluku. Penyebaran potensi panas bumi juga ditemukan di Sumatera Barat, diantaranya di Kabupaten Solok dan Kabupaten Solok Selatan. Tingginya potensi panas bumi yang ada di Sumatera Barat ini berpotensi meningkatkan produksi sinter silika, sehingga diperlukan antisipasi dan penggunaannya. Tahapan awal yang perlu dilakukan yaitu dengan mengetahui karakteristik dari sinter silika ini, salah satunya yaitu karakteristik termal sinter silika.

Penelitian terkait karakterisasi sinter silika sebelumnya pernah dilakukan oleh Herdianita, dkk. (2000), Valles, dkk. (2008), dan Putra, dkk. (2017). Herdianita dkk. (2000), meneliti mikrostruktur dari sinter silika, yaitu mengenai perubahan mineral dan tekstur sinter silika di Islandia Utara dan New Zealand yang dikarakterisasi menggunakan teknik analisa termal, yaitu *Differential Thermal Analysis* (DTA) dimana pada sampel silika Wairakei hasilnya menunjukkan peristiwa endoterm terjadi pada suhu < 200 °C dan eksoterm terjadi pada 1200 °C sampai 1300 °C. Peristiwa eksoterm menunjukkan terjadinya kristalisasi kristobalit. Transformasi $\beta \rightarrow \alpha$ -kristobalit terjadi pada pendinginan 188 °C. Valles, dkk. (2008), juga meneliti mikrostruktur sinter silika yang terdapat di lapangan panas bumi EL Tatio Chili. Karakterisasi sampel juga menggunakan teknik yang sama. Berdasarkan hasil pengujian DTA, saat pemanasan menunjukkan proses kristobalit pada suhu 1000 °C, dan saat pendinginan menunjukkan perubahan $\beta \rightarrow \alpha$ -kristobalit pada suhu 200 °C. Putra, dkk (2018) melakukan karakterisasi sinter silika pada mata air panas Garara dan Bawah Kubang Kabupaten Solok, untuk Kabupaten Solok Selatan dilakukan di mata air Panas Sapan Maluluang. Pada penelitiannya karakterisasi

dilakukan menggunakan teknik *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Fourier Transform Infra-red* (FTIR). Berdasarkan penelitian hasilnya menunjukkan endapan sinter silika mata air panas Sapan Maluluang memiliki fasa opal-A (non-kristalin) dengan usia <10.000 tahun, sedangkan mata air panas Garara memiliki fasa opal-CT dengan usia yang lebih tua dibandingkan dengan sinter silika dari mata air panas Sapan Maluluang.

Berdasarkan potensi kehadiran mineral silika yang ada di daerah Kabupaten Solok dan Solok Selatan ini, maka penelitian mengenai karakterisasi sinter silika yang ada di lokasi ini perlu dilakukan sebagai pemanfaatan sumber daya mineral lokal yang ada. Adapun penelitian ini ialah lanjutan dari peneliti sebelumnya yaitu penelitian Putra dkk. (2017), namun pada penelitian ini sinter silika akan dimurnikan terlebih dahulu dengan metode ekstraksi padat – cair. Selanjutnya kemurnian silika akan di analisis berdasarkan data XRF (*X-Ray Fluoresence*). Teknik karakterisasi yang digunakan ialah karakterisasi dengan menggunakan metode analisis termal yaitu *Differential Thermal Analysis* (DTA).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada proses ekstraksi sampel uji sinter silika berupa dua buah sampel uji sinter silika dari masing-masing lokasi, NaOH 3 M, Akuades, dan HCl 1 M, ayakan 100 mesh, lumpang, alu, gelas *beaker* 250 ml, Kertas, pH meter, stirer, *oven*, *furnace*. Alat dan bahan yang digunakan untuk mengkarakterisasi sampel yaitu TGA 92, XRF *Panalytical Epsilon*.

2.2 Pemurnian Sinter Silika

Silika dimurnikan dengan metode ekstraksi padat cair. 25 g sampel direndam dalam larutan HCl 10 M selama 12 jam untuk melarutkan pengotor yang ada pada sampel. Hasil rendaman dipisahkan dan dicuci menggunakan *aquades* sebanyak 5 kali, dan disaring menggunakan kertas saring. Sinter silika hasil saring selanjutnya direaksikan dengan 100 ml NaOH 3 M, kemudian larutan dipisahkan dan dicuci kembali menggunakan *aquades* sebanyak 5 kali supaya sinter silika bersifat netral. Sinter silika yang telah bersifat netral selanjutnya disaring menggunakan kertas saring, dan proses pengeringan dilakukan di dalam *oven* pada suhu 110° C selama 6 jam untuk menghilangkan kadar air.

2.3 Pengujian

Karakterisasi kadar mineral dilakukan menggunakan XRF. Karakterisasi ini berguna melihat persentase kandungan kadar silika pada sampel sinter silika hasil ekstraksi. Data keluaran dari uji XRF merupakan persentase kandungan kadar mineral yang diuji.

Pengujian DTA dilakukan untuk menganalisis perubahan fasa kristalin sampel sinter silika. Massa sampel yang digunakan yaitu sebanyak 50 mg dan pemanasan dilakukan pada suhu 30-1000 °C dengan laju pemanasan 10 °C/menit. Sampel *inert* yang digunakan sebagai pembanding adalah alumina (Al₂O₃) karena alumina memiliki titik lebur yang sangat tinggi yaitu 2050 °C. Data yang terbaca pada uji DTA ini merupakan data eksoterm dan endoterm di setiap suhu.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Pemurnian Sinter Silika

Hasil ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 1, dimana sampel sinter silika (a) yaitu sampel sinter silika yang berasal dari mata air panas Sapan Maluluang memiliki warna yang putih sedangkan untuk sampel (b) yang berasal dari mata air panas Garara memiliki warna coklat. Hal ini dikarenakan perbedaan kemurnian dan komposisi asal dari sinter silika tersebut.



Gambar 1 Hasil ekstraksi sinter silika (a) sampel mata air panas Sapan Maluluang, dan (b) sampel mata air panas Garara

3.2 Hasil Pengujian Kandungan Mineral Sinter Silika

Tabel 1 merupakan hasil perbandingan kandungan mineral sinter silika mata air panas Garara sebelum dan setelah dilakukan pemurnian. Berdasarkan data analisis penelitian Dona dan Putra (2016) kadar mineral silika di mata air panas Garara, Nagari Cupak, Kabupaten Solok adalah sebesar 54,28 %. Pada sampel silika mata air panas Garara kadar silika meningkat 25,024 % dari sebelumnya, dimana awalnya kadar silika sebesar 54,280 % dan setelah dilakukan proses ekstraksi kadar meningkat menjadi 79,034 %. Kandungan mineral yang paling banyak hilang setelah proses pemurnian yaitu Fe_2O_3 dan Al_2O_3 dimana secara berturut-turut awalnya sinter silika memiliki kandungan sebesar 17,48 % dan 18,48 %, kemudian setelah pemurnian kandungan tersebut mengalami pengurangan kadar menjadi 3,094 % dan 2,084 %. Dari beberapa mineral yang mengalami pengurangan konsentrasi, terdapat juga beberapa unsur yang tidak bisa dihilangkan atau dimurnikan yaitu seperti CaO.

Tabel 1 Hasil pengujian kandungan mineral sinter silika mata air panas Garara

Mineral Oksida	Kandungan sebelum pemurnian (Dona dan Putra, 2016) (%)	Kandungan setelah pemurnian (%)
SiO_2	54,28	79,304
CaO	3,33	8,686
MgO	-	4,642
Fe_2O_3	17,48	3,094
Al_2O_3	18,48	2,082
P_2O_5	3,37	0,536
Ag_2O	-	0,514
MnO	-	0,41
lainnya	-	0,458

Kemurnian silika yang didapatkan pada proses ekstraksi ini meningkat dikarenakan penggunaan HCl dengan konsentrasi tinggi dapat menghilangkan zat-zat pengotor seperti zat organik yang melekat pada sampel. Pelarut NaOH juga dapat melarutkan zat pengotor lainnya.

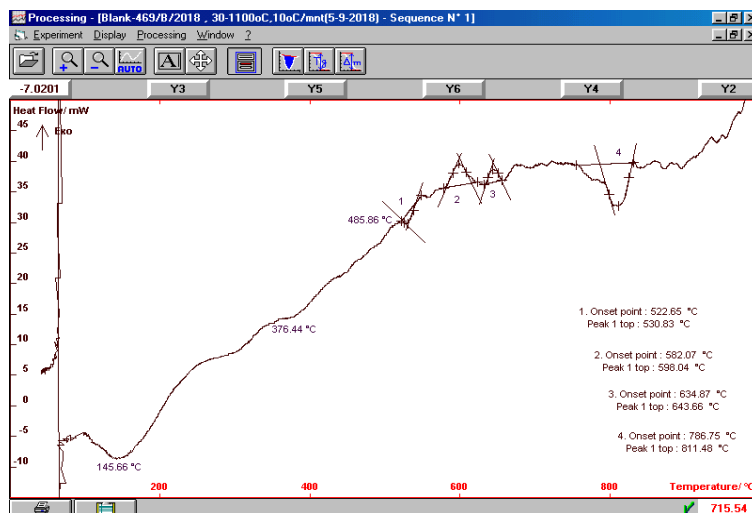
Pada sinter silika Sapan Maluluang peningkatan konsentrasi silika terjadi sebesar 7,766 % dari sebelumnya (Tabel 2). Pada dasarnya kadar silika pada lokasi ini sudah cukup tinggi yaitu 87,42 % dan meningkat menjadi 95,216 % setelah ekstraksi. Mineral yang paling banyak mengalami pengurangan kadar yaitu Al_2O_3 dan P_2O_5 . Berdasarkan data penelitian Endhovani dan Putra (2016), awalnya mineral ini secara berturut-turut memiliki persentase sebesar 6,10 % dan 3,68 %, kemudian setelah ekstraksi menjadi 3,176 % dan 0,368 %. Pada proses pemurnian sampel sinter silika Sapan Maluluang terdapat juga beberapa unsur yang tidak dapat dihilangkan untuk yaitu seperti CaO dan TiO_2 , yang mana pada proses pemurnian ini tidak terjadi pengurangan konsentrasi.

Tabel 2 Hasil pengujian kandungan mineral sinter silika mata air panas Sapan Maluluang

Mineral Oksida	Kandungan sebelum pemurnian (Endhovani dan Putra, 2016) (%)	Kandungan setelah pemurnian (%)
SiO_2	87,42	95,216
Al_2O_3	6,10	3,176
CaO	0,74	0,434
P_2O_5	3,68	0,327
MgO	0,47	0,207
K_2O	0,35	0,079
Cl	1,11	0,067
Ag_2O	0,29	0,059
TiO_2	0,02	0,051
Cs_2O	0,01	0,011
lainnya	0,21	0,21

3.3 Analisis Hasil DTA Sinter Silika

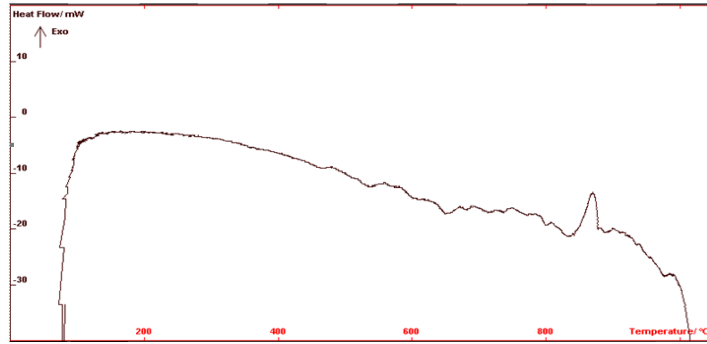
Gambar 2 merupakan grafik DTA pemanasan untuk sampel sinter silika mata air panas Garara. Pada suhu tertentu, fasa silika dapat berubah-ubah seiring dengan dilakukannya pemanasan. Pada suhu 145,66 °C terjadi peristiwa penyerapan panas dan silika mengalami hidrasi air atau penguapan yang ditandai dengan menurunnya kurva yang disebut dengan peristiwa endoterm. Grafik akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya kapasitas panas (c_p) pada sampel. Peristiwa hidrasi air atau penguapan terus terjadi hingga silika mengalami transisi gelas (T_g).



Gambar 2 Hasil DTA pemanasan sinter silika Garara

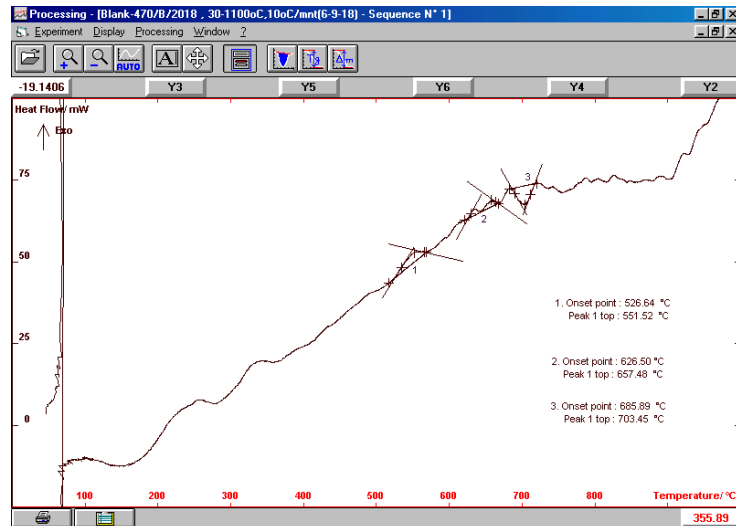
Pada pengujian ini sampel sinter silika mengalami T_g pada daerah yang ditandai dengan daerah (1) pada Gambar 2. T_g mulai terjadi pada suhu 522,85 °C dan puncak transisinya pada suhu 530,83 °C yang ditandai oleh grafik yang naik secara tiba-tiba. Hal ini dikarenakan terjadi dekomposisi pada silika yang menyebabkan munculnya puncak baru pada grafik. Setelah mengalami transisi gelas, fenomena yang akan terjadi selanjutnya yaitu perubahan fasa silika (Gallagher, 1998). Perubahan fasa $\alpha \rightarrow \beta$ -quartz terjadi pada daerah (2) di Gambar 2 yaitu pada suhu 592,07 °C dan daerah (3) pada suhu 643,66 °C yang ditandai dengan peristiwa eksoterm. Pada suhu 643,66 °C fasa silika seutuhnya telah berada dalam fasa β -quartz yaitu silika yang memiliki struktur kristal *hexagonal*. Peristiwa perubahan fasa selanjutnya terjadi pada daerah (4) di Gambar 2 yaitu transformasi β -quartz \rightarrow β -tridymite yaitu pada suhu 811,48 °C. Pada suhu ini terjadi puncak endoterm. Fasa terakhir yang teramati pada penelitian ini yaitu sampai β -tridymite dengan bentuk kristal *hexagonal* (Smallman and Bishop, 2000). Pada suhu 811,48 °C - 1000 °C (batas suhu uji alat yang digunakan), tidak terjadi peristiwa perubahan fasa.

Pada fasa β -tridymite, ini silika masih bersifat metastabil, artinya silika masih bisa dengan mudah untuk berubah fasa (Smallman and Bishop, 2000). Gambar 3 merupakan grafik DTA pendinginan sampel sinter silika garara. Hasil grafik pendinginan merupakan kebalikan dari grafik pemanasan. Pada hasil pendinginan teramati perubahan β -tridymite \rightarrow β -quartz terjadi pada suhu 811,48 °C. Peristiwa ini sama halnya pada saat pemanasan, dimana perubahan fasa sebaliknya juga terjadi pada suhu yang sama. Seiring menurunnya suhu sampel fasa silika juga akan kembali ke keadaan dasar hingga silika berada dalam fasa awal yaitu α -quartz.



Gambar 3 Hasil DTA pendinginan sinter silika Garara

Pada sampel uji sinter silika mata air panas Sapan Malulang, perubahan fasa kristalin dapat diamati berdasarkan data DTA pemanasan yang dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 memperlihatkan beberapa fenomena perubahan fasa silika. Pada suhu < 400 °C, sinter silika mengalami hidrasi air atau penguapan. Hal ini ditandai dengan menurunnya grafik yang mengindikasikan suhu sampel lebih rendah dibandingkan dengan sampel pembanding atau disebut juga dengan peristiwa endoterm. Pada peristiwa ini silika belum mengalami transisi gelas ataupun perubahan fasa.

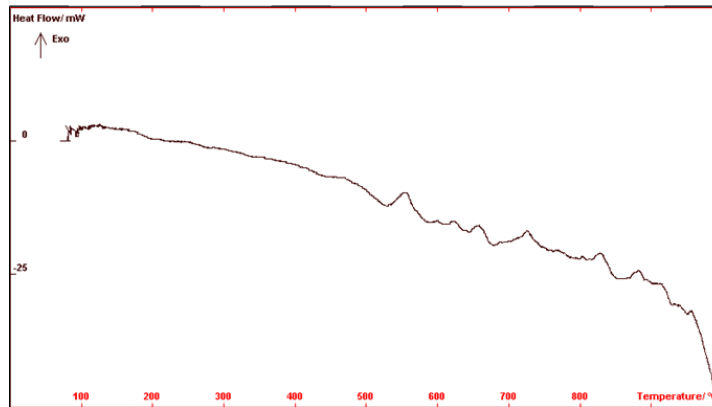


Gambar 4 Hasil DTA pemanasan sinter silika Sapan Malulung

Transisi gelas (T_g) mulai teramati pada suhu 526,64 °C dan puncaknya terjadi pada suhu 551,52 °C yang ditandai pada daerah (1) di Gambar 4. T_g ditandai dengan grafik yang tiba-tiba menurun dan kemudian naik kembali. Silika dalam bentuk amorf sebelum mengalami perubahan fasa, silika mengalami transisi gelas terlebih dahulu (Gallagher, 1998). Fenomena eksoterm mulai teramati pada daerah (2) di Gambar 4 pada suhu 626,50 °C. Fasa silika mulai mengalami transisi $\alpha \rightarrow \beta$ -quartz, namun fasa silika seutuhnya telah berubah menjadi β -quartz pada suhu 657,48 °C yang ditandai dengan munculnya dua puncak eksoterm. Pada puncak kedua seutuhnya silika berada dalam fasa β -quartz dengan struktur kristal *hexagonal* (Smallman and Bishop, 2000). Pada daerah (3) di Gambar 4,, fenomena endoterm mulai teramati pada suhu 685,89 °C. Hal ini terjadi karena suhu sampel pembanding lebih tinggi dibandingkan suhu sampel sinter silika. Fenomena ini memperlihatkan terjadinya transisi fasa β -quartz \rightarrow β -tridymite, namun puncak endoterm

terjadi pada suhu 700,45 °C. Pada suhu ini, fasa silika secara keseluruhannya telah berada dalam fasa β -*tridymite*.

Grafik pendinginan yang diperoleh merupakan kebalikan dari grafik pemanasan. Fasa silika mengalami transisi kristalin ataupun perubahan fasa di suhu yang sama dengan saat pemanasan. Fenomena kebalikan fasa silika dapat kita amati pada Gambar 5, dimana silika mengalami perubahan fasa secara kebalikan yaitu pada suhu 700,45 °C. Pada suhu ini terjadi perubahan β -*tridymite* \rightarrow β -*quartz*. Pada suhu 626,50 °C, peristiwa kebalikan kembali terjadi yaitu transisi β -*quartz* \rightarrow α -*quartz*.



Gambar 5 Hasil DTA pendinginan sinter silika Sapan Maluluang

Berdasarkan analisis data DTA pada masing-masing sampel, terdapat perbedaan suhu transisi gelas dan suhu transisi fasa. Hal ini dikarenakan perbedaan tingkat kemurnian pada sampel uji yang digunakan. Maluluang Silika Sapan Maluluang membutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk mengalami transisi gelas, yaitu pada suhu 551,52 °C, sedangkan silika Garara memerlukan suhu transisi gelas yang lebih rendah, yaitu 530,83 °C. Sama halnya dengan transisi gelas, transisi fasa $\alpha \rightarrow \beta$ -*quartz* juga memiliki perbedaan, sampel silika Sapan Maluluang membutuhkan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel Garara. Berbeda dengan transisi β -*quartz* \rightarrow β -*tridymite*, sampel Garara membutuhkan suhu yang lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemurnian dan analisis termal sinter silika pada mata air panas Garara dan mata air panas Sapan Maluluang dapat diambil kesimpulan bahwa pemurnian dengan proses ekstraksi yang dilakukan cukup berhasil ditandai dengan terjadinya peningkatan kadar silika pada sampel uji. Pada karakterisasi analisis termal, suhu sampel yang memiliki kandungan silika yang lebih murni dan berstruktur amorf memiliki transisi gelas dan transisi fasa $\alpha \rightarrow \beta$ -*quartz* yang lebih tinggi serta transisi fasa β -*quartz* \rightarrow β -*tridymite* yang lebih rendah dibandingkan sampel yang masih mengandung karbonat. Sinter silika yang dihasilkan dari mata air panas Sapan Maluluang dapat dimanfaatkan untuk aplikasi yang memerlukan transisi gelas yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung dan didanai oleh FMIPA Universitas Andalas dengan kontrak No. 06/UN.16.03.D/PP/FMIPA/2018.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dona, R.M. dan Putra, A., Jurnal Fisika Unand **5(3)**, 199-204 (2016).
2. Endhovani, R. dan Putra, A, Jurnal Fisika Unand **5(1)**, 65-72 (2016).
3. Gallagher, P.K., *Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry* (Elsevier, Amsterdam, 1998)
4. Herdianita, N. R., Brown, P. R., Rodges, K. A., & Cambell, K. A., Mineralium Doposita **35(1)**, 48-62 (2000).
5. Putra, A., Inanda, D. Y., Buspa, F., & Salim, F. A., Journal of Physics: Conference Series **997**, 1-5 (2017)“
6. Smallman, R. E., & Bishop, R.J., *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material* (Erlangga, Jakarta, 2000)
7. Valles, M.G., Turiel J.L., Torrente, D.G., Alonso, J.S., Manent, S.M., American Mineralogist **93** 1373-1383 (2008)