



EKSTRAKSI LITIUM DARI β – SPODUMEN HASIL DEKOMPOSISI BATUAN SEKISMIKA INDONESIA MENGGUNAKAN ADITIF NATRIUM SULFAT

Nadia Chrisayu Natasha^{a,b,*}, Latifa Hanum Lalasari^b, Miftakhur Rohmah^a, Johny Wahyuadi Sudarsono^a

^aDepartemen Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Jln Margonda Raya, Depok, Indonesia, 16424

^bPusat Penelitian Metalurgi dan Material-LIPI
Gedung 470 Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan, Indonesia 15310

*Email: nadia_natasha90@yahoo.com

Masuk Tanggal : 27-04-2018, revisi tanggal : 02-07-2018, diterima untuk diterbitkan tanggal 29-08-2018

Intisari

Spodumen merupakan salah satu mineral yang terkandung di dalam batuan sebagai sumber litium. Mineral bahan baku litium ditemukan di alam dalam bentuk α -spodumen. Syarat utama dalam melakukan ekstraksi litium dari spodumen dengan metode pelindian adalah keberadaan fasa β -spodumen dalam bijih. Hal tersebut dapat terjadi karena fasa tersebut mempunyai porositas yang membuatnya menjadi lebih reaktif jika dibandingkan dengan fasa α -spodumen. Pada penelitian ini pembentukan fasa β -spodumen diperoleh dari batuan sekismika, Kebumen, Jawa Tengah Indonesia dengan metode pemanggangan menggunakan natrium sulfat sebagai aditif pada 650, 700, 750 dan 850 °C selama 20, 40 dan 60 menit. Proses pelindian dilakukan untuk mengetahui pengaruh fasa yang terbentuk pada proses pemanggangan terhadap persen ekstraksi litium pada tahap pelindian. Proses pelindian dilakukan menggunakan akuades selama 1 jam pada temperatur kamar. STA (*simultaneous thermal analysis*) digunakan untuk menentukan temperatur reaksi antara sekismika dan natrium sulfat pada saat proses pemanggangan. Analisis XRD (*x-ray diffraction*) dan SEM (*scanning electron microscopy*) dilakukan untuk mengetahui perubahan fasa yang terbentuk, morfologi dan ukuran partikel. Sedangkan komposisi dari sekismika ditentukan dengan ICP (*inductively coupled plasma*). Di dalam batuan sekismika dari Kebumen, Jawa Tengah Indonesia mengindikasikan adanya kandungan mineral spodumen. Fasa β -spodumen mulai terbentuk pada temperatur 700 °C dan waktu pemanggangan 20 menit namun fasa tersebut berubah pada 750 °C dan waktu pemanggangan 40 menit menjadi sanidine ($AlLiO_8Si_3$). Persen ekstraksi litium tertinggi yang diperoleh adalah 70,6% pada 700 °C dan waktu pemanggangan 40 menit.

Kata Kunci: Litium, β -spodumen, batuan sekismika, natrium sulfat

Abstract

*Spodumene is one of minerals that present in hard rock as lithium resources. Mineral for lithium resources in nature is α - phase spodumene. Requirement of lithium extraction from spodumene by leaching is the presence of β -form phase in ore because it has a porosity that makes it more reactive than α -form. Formation of β -phase spodumene was obtained from schist mica Kebumen, Center Java, Indonesia by roasting method using sodium sulfate at 650, 700, 750 and 850 °C for 20, 40 and 60 minutes. Leaching was done to determine the phase effect on lithium extraction percentage. Leaching was done using aquadest for 1 hour. STA (*simultaneous thermal analysis*) was used to determine reaction temperature between schist mica and sodium sulfate by thermal treatment. XRD (*x-ray diffraction*) and SEM (*scanning electron microscopy*) were used to examine the presence of spodumene phase, morphology and particle size. While the composition of schist mica was determined by ICP (*inductively coupled plasma*). In schist mica from Kebumen, Center Java, Indonesia indicates that spodumene exist in it. β - phase spodumene started to form at 700 °C for 20 minutes and it phase changed at 750 °C for 40 minutes become sanidine ($AlLiO_8Si_3$). The highest value of extraction percentage from this investigation is 70.6% at 700 °C for 40 minutes.*

Keywords: Lithium, β -spodumen, schist mica, natrium sulphat

1. PENDAHULUAN

Litium merupakan suatu elemen yang digunakan dalam banyak aplikasi seperti karet, keramik dan baterai. Lebih dari beberapa tahun belakangan ini, kegunaan litium pada produksi baterai telah meningkat tajam dalam pasar global. Berdasarkan Guthern Martin [1], lebih dari 30% konsumsi litium secara keseluruhan digunakan untuk baterai pada tahun 2015 dan sejak tahun 2000 konsumsi litium meningkat sekitar 20% setiap tahunnya. Untuk dapat memenuhi pasar global pada baterai litium untuk kendaraan listrik dan peralatan elektronik, litium menjadi sebuah elemen yang penting untuk dikembangkan. Keuntungan litium yang membuatnya menjadi komponen penting untuk baterai adalah litium mempunyai potensial reduksi standar yang sangat negatif dan densitasnya rendah [2]. Hal ini membuat baterai menjadi ringan dan dapat menyimpan energi dalam jumlah besar. Terdapat 3 jenis bahan baku yang dapat digunakan untuk ekstraksi litium yaitu *brine water*, lumpur dan batuan [3].

Spodumen adalah mineral yang paling banyak digunakan sebagai sumber litium karena kadar Li_2O -nya mencapai 8% [4]. Spodumen mempunyai struktur monoklinik dan termasuk ke dalam kelompok piroksen [5]. Tiga perubahan fasa spodumen yang disebabkan oleh temperatur yaitu α -spodumen yang mempunyai struktur monoklinik pada temperatur *ambient*, β -spodumen yang mempunyai struktur tetragonal pada temperatur $> 800\text{ }^\circ\text{C}$ dan γ -spodumen yang mempunyai struktur heksagonal pada temperatur yang lebih tinggi [5]. Fasa spodumen harus dirubah dari α -spodumen menjadi β -spodumen karena β -spodumen mempunyai porositas yang membuatnya menjadi lebih reaktif jika dibandingkan dengan α -spodumen sehingga litium dapat dilakukan pelindian dengan mudah [5]. Metode yang dapat digunakan untuk merubah fasa adalah dengan proses pemanasan seperti pemanggangan.

Nasim [6] pada tahun 2016 melakukan percobaan dengan proses pemanasan dalam sebuah *muffle furnace* untuk merubah fasa spodumen pada batuan di tambang Greenbushes, Western Australia dan hasilnya adalah pada rentang 950 dan 1100 $^\circ\text{C}$ dalam waktu pemanasan yang lebih lama α -spodumen berubah secara keseluruhan menjadi β -spodumen. Chili, Bolivia, Argentina diketahui sebagai negara yang memiliki cadangan *brine water* berlimpah sedangkan USA, Rusia dan Cina mempunyai mineral berlimpah yang mengandung litium [7]. Pada sisi yang lain, ketersediaan bahan baku litium masih belum diketahui sehingga hal ini menjadi kesempatan

untuk melakukan penelitian mengenai potensi mineral litium Indonesia menjadi senyawa kimia litium yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan aktif baterai litium. Tujuan dari penelitian ini adalah menginvestigasi keberadaan spodumen di dalam batuan sekismika Indonesia, mengetahui pengaruh temperatur dekomposisi terhadap perubahan fasa spodumen di dalam batuan sekismika, menghitung persen ekstraksi litium dari proses pelindian β -spodumen hasil dekomposisi batuan sekismika. Penelitian ini difokuskan pada proses pemanggangan yang dilakukan menggunakan *furnace carbolite*. Media pelindian yang digunakan untuk mengetahui persen ekstraksi litium yaitu akuades.

2. PROSEDUR PERCOBAAN

Sampel batuan yang digunakan sebagai bahan baku litium adalah sekismika dari Kebumen, Jawa Tengah, Indonesia dengan kadar awal litium 3,14 ppm. Tahapan percobaan adalah batuan sekismika dihancurkan terlebih dahulu menggunakan *disc mill* dan diayak sehingga menghasilkan serbuk sekismika dengan fraksi ukuran -100 mesh. Natrium sulfat digunakan sebagai aditif dalam proses pemanasan yaitu pemanggangan untuk mendekomposisi batuan sekismika menjadi β -spodumen yang mudah larut dalam pelarut. Sekismika dan natrium sulfat dicampurkan dengan perbandingan 1 : 1,5 (g/g), kemudian dilakukan proses pemanggangan. Proses pemanggangan dilakukan di *furnace carbolite* pada temperatur 650, 700, 750 dan 850 $^\circ\text{C}$ selama 20, 40 dan 60 menit. Penentuan variabel temperatur tersebut berdasarkan hasil analisis STA (*simultaneous thermal analysis*) pada campuran sekismika dan natrium sulfat dengan rasio 1 : 1,5 (g/g).

Proses pelindian dilakukan pada setiap hasil pemanggangan untuk mengetahui atau menguji pengaruh fasa yang terbentuk terhadap jumlah litium yang dapat diekstraksi menggunakan akuades setelah pemanggangan. Akuades digunakan sebagai media pelindian supaya dapat meminimalisir penggunaan asam sehingga tidak menyebabkan terjadinya permasalahan lingkungan dan mempunyai nilai ekonomis tinggi. Perbandingan padatan dan cairan yang digunakan pada proses pelindian adalah 1 : 10 (g/mL). Waktu proses pelindian dilakukan selama 1 jam dengan kecepatan pengadukan 500 rpm. Kemudian dilakukan proses penyaringan untuk memisahkan filtrat dan residu. Sebelum dilakukan proses pemanggangan, sekismika telah dianalisis menggunakan ICP-OES (*induction couple plasma-optical emission spectroscopy*) untuk mengetahui komposisi kimia dan XRD (*x-ray diffraction*)

untuk menentukan fasa yang terbentuk dari produk dekomposisi. Analisis komposisi, temperatur reaksi dan senyawa yang terbentuk dapat dilihat pada bagian 3. Hasil dari proses pemanggangan dianalisis menggunakan XRD, SEM (*scanning electron microscopy*) dan ICP-OES untuk mengetahui perubahan fasa, morfologi dan ukuran partikel. Sedangkan filtrat dari proses pelindian dianalisis menggunakan ICP-OES untuk mengetahui kadar litium yang dapat diekstraksi oleh akuades. Parameter dari proses pemanggangan dalam penelitian ini diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter pada proses pemanggangan

No	Aditif	Perbandingan aditif dan sekismika (gram)	T (°C)	t (menit)
1				20
2			650	40
3				60
4				20
5	Natrium sulfat (Na ₂ SO ₄)	1,5 : 1	700	40
6				60
7				20
8			750	40
9				60
10				20
11			850	40
12				60

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sekismika sebagai Sumber Litium

Komposisi kimia sampel sekismika sebagai bahan baku litium diberikan pada Tabel 2.

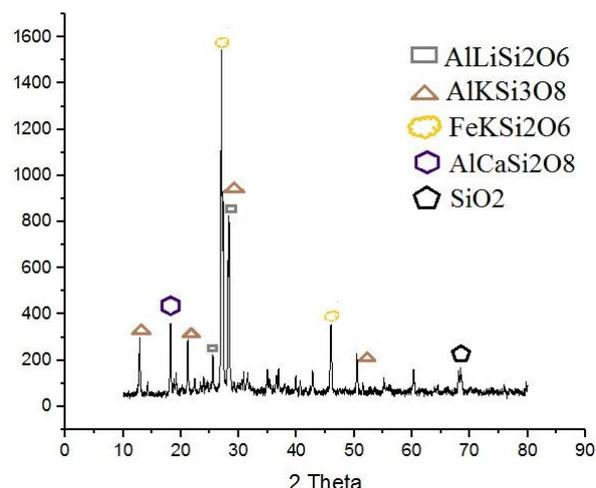
Tabel 2. Komposisi batuan sampel sekismika yang digunakan dalam penelitian

No	Elemen	Konsentrasi (%)
1	Al	1,03
2	Si	0,06
3	Fe	1,71
4	Na	0,07
5	Mg	0,58
6	Ca	0,84
7	K	0,2
8	Li	0,006

Berdasarkan Tabel 2, elemen yang paling dominan dalam batuan sekismika adalah Fe, Al, dan Ca berturut-turut yaitu 1,71%, 1,03% dan 0,84%. Sedangkan elemen minor yang terdapat dalam batuan tersebut adalah litium. Kadar litium pada batuan sekismika Kebumen adalah berkisar 0,006%. Indikasi ini cukup menguntungkan karena hingga saat ini penelitian khususnya elemen litium

di Indonesia belum dikembangkan. Penelitian saat ini masih difokuskan pada elemen kadar tinggi yang terdapat di dalam bijih, sedangkan elemen kadar rendah hampir diabaikan. Padahal, elemen kadar rendah ini apabila ditingkatkan konsentrasinya akan bernilai ekonomis yang tinggi karena dapat mengurangi impor bahan baku khususnya senyawa kimia litium. Senyawa tersebut merupakan bahan baku dalam pembuatan bahan aktif baterai litium (katoda, anoda dan elektrolit) yang saat ini menjadi *trend* untuk pengembangan mobil listrik nasional.

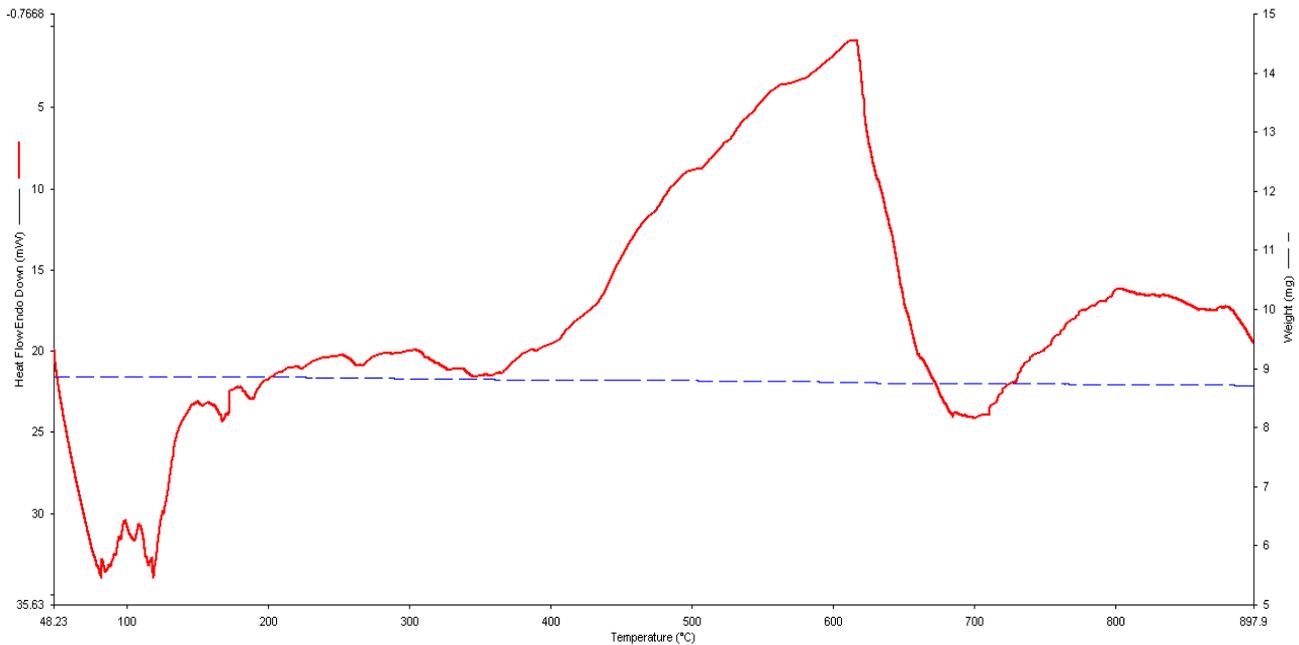
Kadar litium yang rendah pada batuan disebabkan karena litium jarang ditemukan secara bebas di alam namun litium sering berasosiasi dengan elemen lainnya [3]. Tabel 2 di atas juga menunjukkan adanya kandungan alumunium, potassium, silika dan besi dalam batuan sekismika. Hal ini mengindikasikan bahwa mineral spodumen (AlLiSi₂O₆) terkandung di dalam batuan sekismika. Untuk membuktikan atau mengkonfirmasi lebih lanjut dilakukan analisis XRD. Hasil analisis XRD dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola XRD pada batuan sekismika

Berdasarkan Gambar 1, terindikasi beberapa fasa yang terkandung di dalam batuan sekismika yaitu AlLiSi₂O₆, AlKSi₃O₈, SiO₂, AlCaSi₂O₈ dan FeKSi₂O₆. Pola XRD ini juga sekaligus mengkonfirmasi analisis ICP-OES bahwa sekismika mempunyai alumunium dan besi sebagai penyusun dasar senyawanya. Litium di dalam sekismika berikatan dengan alumunium dan silika untuk membentuk AlLiSi₂O₆.

Seperti yang dijelaskan dalam prosedur percobaan bahwa sebelum dilakukan proses pemanggangan atau dekomposisi, campuran sekismika dan aditif Na₂SO₄ perlu dilakukan analisis STA untuk mengetahui sifat *thermal* sampel terhadap kenaikan temperatur.



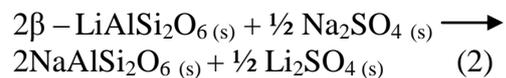
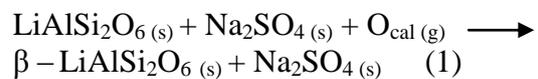
Gambar 2. Hasil analisis panas batuan sekismika dengan STA

Pada Gambar 2 terlihat perubahan entalpi pembentukan senyawa yang signifikan yang menunjukkan adanya reaksi endotermik pada temperatur reaksi antara 680-710 °C dalam campuran sekismika dan natrium sulfat. Oleh sebab itu berdasarkan hasil analisis STA ini maka temperatur percobaan yang digunakan pada percobaan pemanggangan adalah dalam rentang 650-850 °C untuk mengetahui temperatur mulai terbentuknya fasa β -spodumen.

3.2 Proses Pemanggangan

Metode asam (*sulfation*) dalam proses pemanggangan merupakan salah satu teknik yang paling umum digunakan untuk mengekstraksi litium dari spodumen. Hal ini dapat terjadi karena dengan metode asam akan menghasilkan Li_2SO_4 yang berdasarkan kelarutannya (Tabel 3) mempunyai kestabilan tinggi dalam larutan [2]. Aditif yang biasa digunakan ketika melakukan proses pemanggangan mineral spodumen dengan metode asam adalah dengan garam alkali ataupun alkali sulfat. Namun, dalam proses pemisahan unsur litium dari mineral spodumen lebih efektif ketika menggunakan garam alkali sulfat [8]. Jenis garam alkali sulfat yang biasa digunakan yaitu natrium sulfat dan kalium sulfat. Namun, aditif yang paling sering digunakan adalah natrium sulfat karena proses pemanggangan dengan kalium sulfat akan membutuhkan temperatur yang lebih tinggi sedangkan silika akan mengalami penguraian pada temperatur yang lebih tinggi dan proses ekstraksi litium akan terhambat efek dari reaksi yang disebabkan oleh terurainya silika [4].

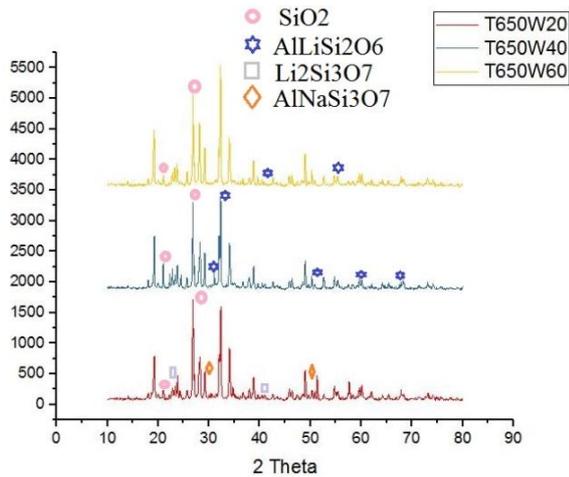
Hal yang terjadi setelah dilakukan proses pemanggangan adalah fasa α -spodumen ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) yang mempunyai struktur kristal monoklinik berubah menjadi fasa β -spodumen yang mempunyai struktur kristal tetragonal. Selama perubahan fasa, atom litium masuk ke dalam rongga yang mempunyai struktur tetragonal. Dengan demikian maka terjadi peningkatan volume sel serta kadar litium dan β -spodumen dihasilkan setelah proses pemanggangan yang dilakukan mempunyai properti perubahan kation [2]. Setelah dilakukan pemanggangan sekismika dengan natrium sulfat, akan membentuk litium sulfat yang disebabkan oleh adanya proses pertukaran ion, atom natrium dari natrium sulfat akan menggantikan litium untuk membentuk litium sulfat [2]. Kemungkinan reaksi yang terjadi pada proses pemanggangan sebagai berikut :



Tabel 3. Kelarutan garam litium dalam larutan (g/100 g H_2O) [2]

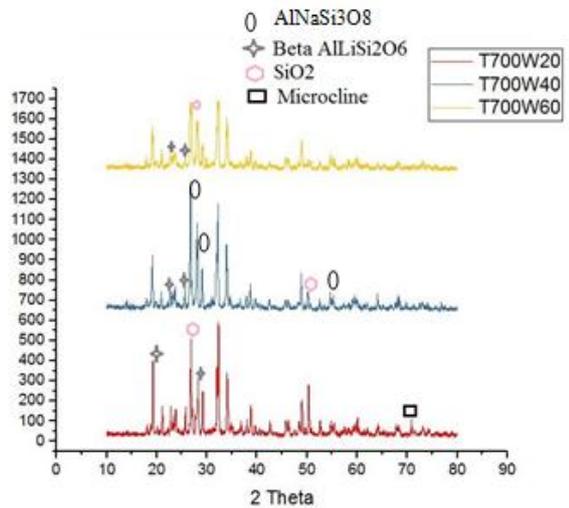
	0 °C	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C
Li_2CO_3	1,54	1,33	1,17	1,01	0,85	0,72
LiCl	69,2	83,5	89,2	98,4	112	128
Li_2SO_4	36,1	34,8	33,7	32,6	31,4	-
LiHCO_3	5,80	5,74	-	-	-	-

Pola XRD pada batuan sekismika dapat dilihat pada Gambar 3 s. d Gambar 6.

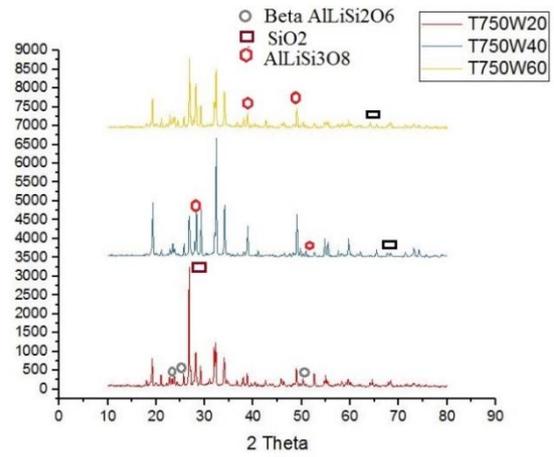


Gambar 3. Pola XRD dari batuan sekismika, Kebumen setelah dipanggang pada 650 °C selama 20, 40 dan 60 menit

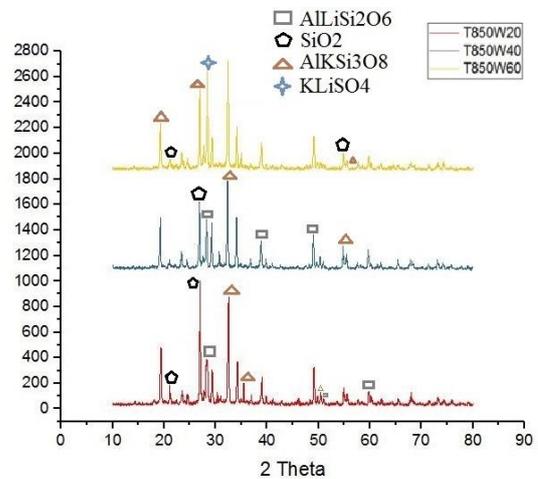
Gambar 3 menunjukkan bahwa proses pemanggaan pada 650 °C selama 20, 40 dan 60 menit menyebabkan terbentuknya fasa – fasa lain terbentuk SiO₂, AlLiSi₂O₆, Li₂Si₃O₇ dan AlNaSi₃O₇. Namun, fasa β-spodumen belum terbentuk pada temperatur ini.



Gambar 4. Pola XRD dari batuan sekismika, Kebumen setelah dipanggang pada 700 °C selama 20, 40 dan 60 menit

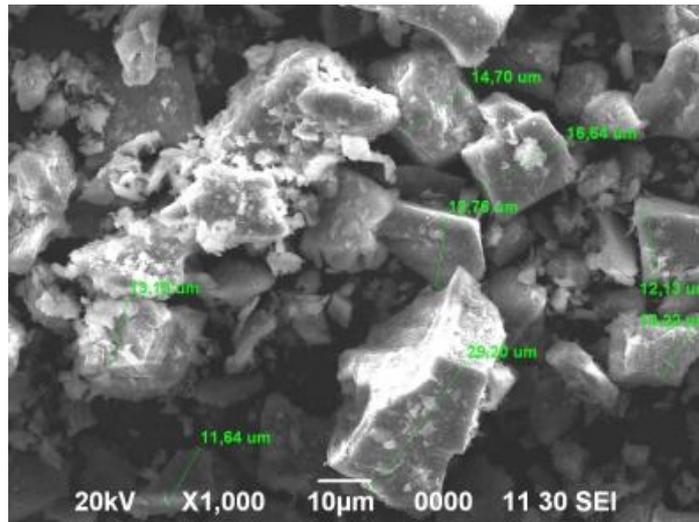


Gambar 5. Pola XRD dari sampel batuan sekismika, Kebumen setelah dipanggang pada 750 °C selama 20, 40 dan 60 menit

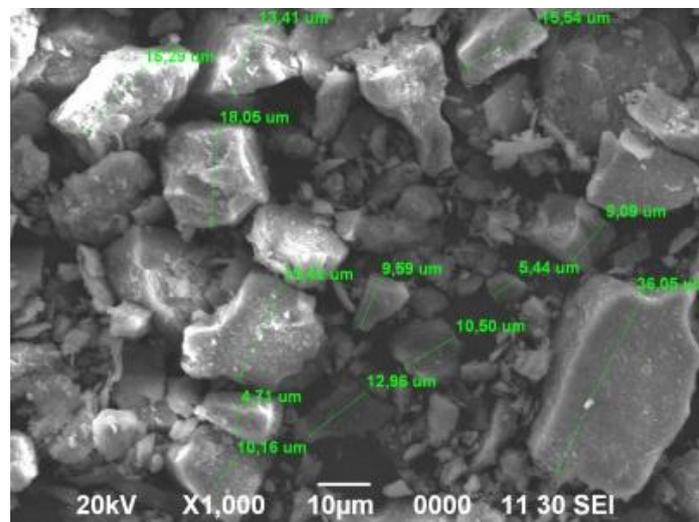


Gambar 6. Pola XRD dari sampel batuan sekismika, Kebumen setelah dipanggang pada 850 °C selama 20, 40 dan 60 menit

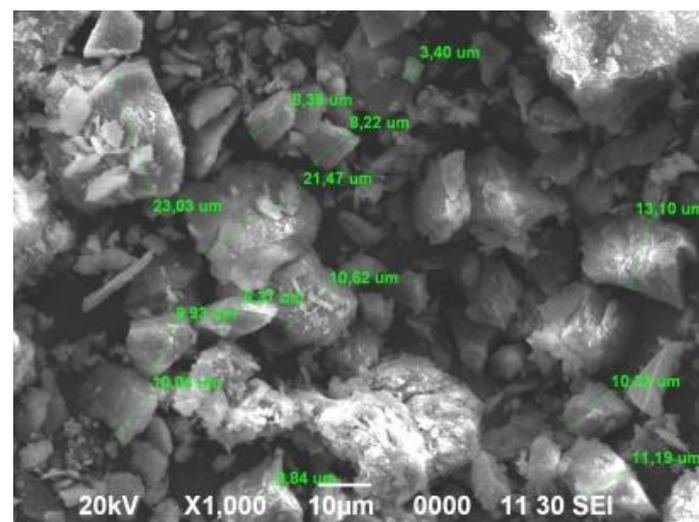
Menurut Gambar 3-6, fasa β-spodumen mulai terbentuk ketika proses pemanggaan dilakukan pada temperatur 700 °C selama 20 menit namun fasa tersebut tidak terbentuk lagi ketika temperatur pemanggaan 750 °C dan waktu pemanggaan 40 menit. Fenomena ini sesuai dengan analisis STA yaitu temperatur reaksi antara batuan sekismika dan natrium sulfat ketika dipanggang berada di sekitar temperatur 700 °C. Hal tersebut tidak jauh berbeda dengan yang diperoleh oleh Nasim [6] ketika melakukan penelitian mengenai perubahan konsentrat spodumen dari Greenbushes dengan proses kalsinasi pada tahun 2016 yaitu fasa β-spodumen terbentuk selama 30 menit pada temperatur 950 °C. Beberapa pengotor pada batuan sekismika Kebumen ini juga terdeteksi oleh analisis XRD seperti SiO₂ (quartz), AlNaSi₃O₇ (albite), AlKSi₃O₈ (feldspar) and KAlSi₃O₈ (microcline). Analisis visual pada pembentukan fasa β-spodumen terlihat pada Gambar 7 hasil pencitraan dengan SEM.



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. Analisis SEM hasil pemanggangan pada $T = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 20, 40 dan 60 menit

Gambar 7 menunjukkan bahwa sampel hasil pemanggangan pada $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 20, 40 dan 60 menit mempunyai bentuk-bentuk kristal yang

heterogen. Gambar di atas juga menunjukkan bahwa proses pemanggangan akan mengurangi ukuran partikel. Partikel-partikel tersebut

mempunyai ukuran masing-masing yaitu 15,06 μm , 13,939 μm dan 11,225 μm ketika batuan sekismika dilakukan proses pemanggangan pada temperatur 700 $^{\circ}\text{C}$ selama 20, 40 dan 60 menit secara berurutan.

Pengurangan ukuran partikel sampel hasil pemanggangan disebabkan pada temperatur 700 $^{\circ}\text{C}$ terbentuk fasa β -spodumen [6]. Hal tersebut dapat terjadi karena dalam pembentukan fasa β -spodumen akan menyebabkan sel menjadi bertambah besar dan dengan demikian tekanan internal mengalami peningkatan sehingga partikel di dalam mineral tersebut akan berubah bentuk [6]. Tekanan internal tersebut disebabkan oleh ekspansi volumetrik dan menyebabkan partikel aslinya menjadi rusak sehingga terjadi pengurangan ukuran partikel.

3.3 Proses Pelindian

Setiap hasil pemanggangan dilakukan proses pelindian dengan akuades untuk mengetahui pengaruh fasa yang terbentuk dalam sekismika terhadap ekstraksi litium dan mengetahui persen ekstraksi litium tertinggi yang diperoleh dalam proses pelindian. Kadar litium yang berhasil diekstraksi melalui proses pelindian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pelindian pada setiap sampel pemanggangan

No	Waktu panggang (menit)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Kadar awal (ppm)	Konsentrasi Li terlarut (ppm)	% Ekstraksi litium
1	20	650	0,20	0,10	25,55
2		700	0,30	0,23	38,21
3		750	0,23	0,28	62,01
4		850	0,40	0,25	31,69
1	40	650	0,28	0,14	25,31
2		700	0,33	0,46	70,64
3		750	0,28	0,24	42,40
4		850	0,52	0,41	39,07
1	60	650	0,28	0,09	16,24
2		700	0,36	0,43	60,12
3		750	0,29	0,22	36,90
4		850	0,52	0,42	40,74

Berdasarkan hasil percobaan yang disajikan pada Tabel 4, terlihat bahwa persen ekstraksi litium tertinggi diperoleh pada proses pelindian selama 1 jam dengan perbandingan padatan dan cairan 1 : 10 (g/mL) yaitu sebesar 70,6%. Nilai persen ekstraksi tersebut diperoleh ketika sampel dilakukan proses pemanggangan pada temperatur 700 $^{\circ}\text{C}$ selama 40 menit. Data hasil percobaan pada Tabel 4 di atas juga menunjukkan bahwa nilai persen ekstraksi litium pada temperatur dan waktu pemanggangan yang menghasilkan fasa β -spodumen lebih tinggi jika dibandingkan pada temperatur dan waktu pemanggangan yang tidak menghasilkan fasa β -spodumen. Hal ini dapat dilihat pada temperatur 750 $^{\circ}\text{C}$ dan waktu 20 menit yang menghasilkan persen ekstraksi Li sebesar 62,01% ketika dilakukan pemanggangan pada temperatur 750 $^{\circ}\text{C}$ dan waktu 40 menit yang menghasilkan persen ekstraksi 42,401%.

Fenomena ini membuktikan bahwa ekstraksi Li lebih mudah dilakukan dari bijih spodumen dengan fasa dominannya adalah fasa beta. Oleh sebab itu, ekstraksi litium dari spodumen membutuhkan perubahan menjadi β -spodumen karena fasa α -spodumen merupakan fasa yang relatif padat dan kurang reaktif sedangkan fasa β -spodumen merupakan material berporos yang mempunyai area permukaan lebih besar dan jauh lebih reaktif dibandingkan dengan fasa α -spodumen [5]. Perbandingan antara litium dengan pengotor-pengotor yang ada di dalam batuan sekismika pada kondisi awal dapat dilihat pada Tabel 5. Sedangkan perbandingan antara litium dengan pengotor-pengotor yang ada di dalam batuan sekismika yang dipengaruhi oleh proses pelindian dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 5. Perbandingan konsentrasi litium dengan unsur-unsur pengotor yang ada di batuan sekismika pada kondisi awal

Perbandingan	Nilai
Li/Al	0,006
Li/Fe	0,004
Li/Si	0,112
Li/Ca	0,007
Li/Na	0,088
Li/Mg	0,01
Li/K	0,031

Tabel 6. Perbandingan konsentrasi litium dengan unsur-unsur pengotor yang tidak larut oleh akuades setelah proses pelindian

No	t (menit)	T (°C)	Li/Mg	Li/Al	Li/Fe	Li/Si
1	20	650	0,03	3,98	149,98	0,01
2		700	0,09	0,42	6,01	0,28
3		750	0,09	2,32	27,69	0,19
4		800	0,04	2,29	22,64	0,25
5		850	0,01	4,63	19,76	0,71
1	40	650	0,06	0,18	1,58	0,03
2		700	0,12	1,35	155,18	0,79
3		750	0,09	3,54	15,74	0,24
4		800	0,23	0,42	3,50	0,52
5		850	0,01	9,25	86,69	3,82
1	60	650	1,45	0,39	10,27	0,61
2		700	0,12	1,36	119,09	0,62
3		750	0,06	5,30	41,22	0,56
4		800	0,30	0,46	10,58	1,00
5		850	0,01	11,04	217,97	0,30

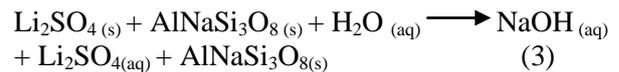
Tabel 7. Perbandingan konsentrasi litium dengan unsur-unsur pengotor yang larut oleh akuades setelah proses pelindian

No	t (menit)	T (°C)	Li/K	Li/Ca	Li/Na
1	20	650	0,004	0,002	4,8.10 ⁻⁵
2		700	0,005	0,005	0,0002
3		750	0,003	0,006	0,0002
4		800	0,003	0,004	0,0001
5		850	0,002	0,006	0,0002
1	40	650	0,004	0,003	7,9.10 ⁻⁵
2		700	0,005	0,01	0,0004
3		750	0,003	0,005	0,0002
4		800	0,01	0,01	8,1.10 ⁻⁵
5		850	0,002	0,01	0,0003
1	60	650	0,015	0,10	0,0004
2		700	0,004	0,01	0,0004
3		750	0,003	0,01	0,0001
4		800	0,01	0,01	0,0001
5		850	0,002	0,01	0,0003

Seperti yang ditampilkan pada Tabel 5, 6 dan 7 terdapat unsur-unsur pengotor yang tidak larut dengan akuades dan tertinggal di dalam residu yaitu Al, Fe, Si dan Mg. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan nilai antara Li/Al, Li/Fe, Li/Si dan Li/Mg pada kondisi awal dan setelah dilakukan proses pelindian. Pada sisi yang lain, terdapat unsur-unsur pengotor yang larut dengan akuades yaitu K, Ca dan Na. Kondisi ini dibuktikan dengan adanya penurunan nilai antara Li/K, Li/Ca dan Li/Na pada kondisi awal dan setelah dilakukan proses pelindian.

Peristiwa ini terjadi disebabkan oleh nilai kelarutan tiap-tiap unsur terhadap larutan yang berbeda-beda. Na di dalam garam natrium

terbentuk sebagai ion Na⁺ serta bersifat larut dalam air. Sama halnya dengan Na, elemen K di dalam garam kalium terbentuk sebagai ion K⁺ dan juga bersifat larut dalam air. Elemen lain yang memiliki kelarutan yang tinggi di dalam air adalah kalsium (Ca) yang mana di dalam larutan encer, kalsium akan terbentuk sebagai Ca²⁺_(aq) [9]. Oleh sebab itu ketika melakukan proses pelindian batuan sekismika dengan akuades, Na, Ca dan K ikut larut ke dalam filtrat. Dengan demikian, kemungkinan reaksi yang terjadi pada proses pelindian sebagai berikut :



Meskipun selektivitas proses pelindian terhadap pengotor di batuan sekismika yaitu elemen Al dan Fe tinggi pada temperatur pemanggangan 850 °C dan waktu 60 menit, namun persen ekstraksi Li dalam produk dekomposisi tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan temperatur pemanggangan 700 °C dan waktu 40 menit. Rendahnya persen ekstraksi Li pada temperatur pemanggangan 850 °C dan waktu 60 menit disebabkan oleh adanya senyawa LiKSO₄ yang terdeteksi oleh analisis XRD pada produk pemanggangan (Gambar 6). Hal ini dapat terjadi karena LiKSO₄ merupakan salah satu produk senyawa Li hasil dari proses dekomposisi yang mempunyai sifat kelarutan rendah dalam air. Sehingga dengan adanya senyawa ini dalam suatu sampel dapat mengontrol pelepasan elemen Li ke dalam akuades [10].

4. KESIMPULAN

Untuk dapat melakukan proses pelindian litium menggunakan batuan dengan mineral spodumen dibutuhkan suatu proses perubahan fasa α-spodumen. Perubahan tersebut dapat terjadi ketika dilakukan proses pemanggangan pada temperatur 700 °C selama 20 menit. Pembentukan fasa β-spodumen dalam batuan sekismika dari Kebumen, Jawa Tengah Indonesia diperoleh ketika melakukan proses pemanggangan dengan bantuan aditif natrium sulfat pada temperatur 700 °C dan waktu 20 menit. Namun, semakin tinggi temperatur yang diberikan maka fasa tersebut tidak terbentuk. Sedangkan persen ekstraksi tertinggi diperoleh ketika proses pemanggangan dilakukan pada temperatur 700 °C dan waktu 40 menit yaitu 70,6%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada INSINAS program dari Kementerian Riset dan

Teknologi yang telah membiayai penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada teknisi P2MM LIPI yang juga ikut membantu dalam penelitian ini yaitu Bapak Muhammad Yahya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Martin, L. Rentsch, M. Hack, dan M. Bertau, "Lithium market research-global supply, future demand and price development," *Energy Storage Materials*, vol. 6, pp. 171-179, 2016.
- [2] P. K. Choubey, M. Kim, R. R. Srivastava, J. Lee, dan J. Lee, "Advance review on the exploitation of the prominent energy-storage element : Lithium. Part I : from mineral and brine resources," *Minerals Engineering*, vol. 89, pp. 119-137, 2016.
- [3] B. Swain, "Recovery and recycling of lithium : A review," *Separation and Purification Technology*, vol.172, pp. 388-403, 2016.
- [4] N. K. Salakjani, A. N. Nikoloski, dan P. Singh, "Mineralogical transformations of spodumene concentrate from greenbushes, western australia. Part 2 : Microwave heating," *Minerals Engineering*, vol. 100, pp. 191-199, 2016.
- [5] O. Peltosaari, P. Tanskanen, E. Heikkinen, dan T. Fabritius, " α - γ - β phase transformation of spodumene with hybrid microwave and conventional furnaces," *Minerals Engineering*, vol. 82, pp. 54-60, 2015.
- [6] N. K. Salakjani, P. Singh, dan A. N. Nikoloski, "Mineralogical transformations of spodumene concentrate from greenbushes, western australia. Part 1 : Conventional heating," *Minerals Engineering*, vol. 98, pp. 71-79, 2016.
- [7] J. W. An, D. J. Kang, K. T. Tran, M. J. Kim, T. Lim, dan T. Tran, "Recovery of lithium from uyuni salar brine," *Hydrometallurgy*, vol. 117-118, pp. 64-70, 2012.
- [8] Rohib, "Studi ekstraksi litium dari mineral sugilite dengan metode *roasting* menggunakan kalium sulfat dan pelindian air," Skripsi: Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia, 2013.
- [9] G. Svehla dan A. Vogel, *Vogel's Qualitative Inorganic Analysis*, 7th ed. Longman Singapore Publisher (Pte) Ltd. 1997.
- [10] V. T. Luong, D. Jun, J. Woong, D. Anh, M. Jun, dan T. Tran, "Iron sulphate roasting for extraction of lithium from lepidolite," *Hydrometallurgy*, vol. 141, pp. 8-16, 2014.

