

KARAKTERISASI BATUAN ACEH MENGGUNAKAN  
SCANNING ELECTRON MICROSCOPE –ENERGY DISPERSIVE X-RAY (SEM-EDX)  
DAN X-RAY DIFFRACTION (XRD)

Julinawati<sup>1\*</sup>, Sarah Niaci<sup>1</sup>, Rossy Amal Sholih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia FMIPA Unsyiah, Darussalam Banda Aceh 23111;

<sup>2</sup>Balai Pengujian dan Identifikasi Barang (BPIB), Direktorat Jenderal Bea dan Cukai,  
Cempaka Putih, Jakarta 10520

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang karakterisasi 12 sampel batuan Aceh menggunakan SEM-EDX dan XRD. Berdasarkan hasil scanning SEM-EDX dan difraktogram XRD dapat diketahui jenis mineral yang terkandung didalam sampel menunjukkan bahwa Sampel 1, 5 dan sampel 8 mengandung senyawa *Calcium Aluminum Silicate/Grossular* ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ ). Sampel 2, 4 dan sampel 10 mengandung senyawa *Silicon Oxide/Quartz* ( $\text{SiO}_2$ ). Sampel 3 dan sampel 12 mengandung senyawa *Calcium Magnesium Silicate/Actinolite* ( $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ ). Sampel 7, sampel 9 dan sampel 11 memiliki mengandung senyawa *Calcium Magnesium Ferro Silicate/Vesuvianite* ( $\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH,F})_4$ ). Sampel 6 memiliki mengandung senyawa *Magnesium Silicate/Lizardite* ( $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ).  
*Kata kunci :karakterisasi, batuan Aceh, SEM-EDX, XRD*

Abstract

The research about the characterization of Aceh's stone using SEM-EDX and XRD methods had been done. Based on the SEM-EDX scanning and XRD diffractograms showed that Based on the results of scanning SEM-EDX and XRD diffractogram can be known types of minerals contained in the sample indicates that the sample of 1, 5 and 8 samples containing compounds *Calcium Aluminum Silicate/ Grossular* ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ ). Samples 2, 4 and 10 samples containing compounds *Silicon Oxide/ Quartz* ( $\text{SiO}_2$ ). Samples 3 and 12 samples containing compounds *Calcium Magnesium Silicate/ actinolite* ( $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ ). Sample 7 , the sample 9 and sample 11 has compounds containing *Calcium Magnesium Ferro Silicate/ Vesuvianite* ( $\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH,F})_4$ ). Sample 6 have compounds containing *Magnesium Silicate/ Lizardite* ( $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ).  
*Keywords: characterization, Aceh's stone, SEM-EDX, XRD*

## **PENDAHULUAN**

Indonesia berada di sisi barat dari apa yang dinamakan “*Pacific Ring of Fire*” atau Cincin Berapi Pasifik, ini ditandai dengan kegiatan vulkanik yang tinggi akibat adanya pergerakan lempeng-lempeng bumi yang menimbulkan gejala tektonik di bawah permukaan bumi. Gejala tektonik karena pergerakan lempeng-lempeng bumi ini yang menyebabkan bencana alam dalam bentuk letusan gunung berapi.

Peristiwa tektonik dan vulkanik yang terus-menerus melanda kepulauan Indonesia sejak 410 juta tahun menyebabkan magma keluar dari perut bumi dan diperkirakan mengandung berbagai logam berharga, terutama emas dan tembaga. Di pihak lain magma yang keluar dari perut bumi menerobos naik ke permukaan bumi sambil mengendapkan beragam jenis mineral di rongga-rongga atau rekahan - rekahan batuan yang dijumpai di sepanjang perjalanannya. Ini akan menyebabkan terbentuknya berbagai jenis batuan termasuk batu mulia.

Batu mulia adalah segala jenis batuan, mineral, dan bahan alam lainnya termasuk beberapa jenis bahan organik, yang setelah diproses dengan sentuhan teknologi, memiliki keindahan dan ketahanan yang mencukupi untuk dijadikan sebagai batu permata. Dalam cakupan batu permata tersebut dikenal istilah batu permata mulia untuk bahan yang kekerasannya melebihi 7 skala Mohs, seperti intan, merah delima, safir, zamrud dan batu permata setengah mulia atau *semi-precious stone* untuk bahan yang kekerasannya tidak melebihi 7 skala Mohs, misalnya, mineral keluarga kuarsa, giok, prehnit, dan rodonit. Belakangan ini batu mulia Indonesia mulai mendapat tempat di hati masyarakat sehingga terjadi eksploitasi secara besar-besaran. Oleh karena itu perlu dilakukannya pengawasan terhadap para pelaku usaha dalam mengeksplor termasuk batuan dalam bentuk bahan mentah yang dikenai pembatasan bahan tambang mineral mentah sesuai dengan PERMEN ESDM NO.1 tahun 2014.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Tempat dan waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan Balai Pengujian dan Identifikasi Barang (BPIB) Direktorat Jenderal Bea dan Cukai Jakarta dari bulan Juli s.d. Agustus 2015.

## **BAHAN DAN ALAT**

### **Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel batuan Aceh dan HCl pekat.

### **Alat.**

Alat-alat yang digunakan adalah *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) dari Zeiss dan *X-Ray Diffraction* (XRD) merk Empryan dari PANalytical, Peralatan ini dilengkapi dengan Software High Score Plus dan PDF2..

## **CARA KERJA**

### ***Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX)**

Sampel batuan yang akan dianalisis dihaluskan terlebih dahulu menggunakan mortar atau alu atau menggunakan *mill grinding*. Setelah dihaluskan ditempelkan pada tempat sampel yang sudah dilekatkan *carbon tape*, sisa sampel yang tidak melekat dibersihkan pada *carbon tape*. Kemudian dimasukkan kedalam *holder* sampel SEM. Alat SEM-EDX memiliki dua monitor. Sistem kerja alat ini adalah dengan system vakum, Sebelum proses analisis berlangsung, penghilangan molekul udara didalam alat dilakukan dengan menutup gas dan klik *pump* pada komputer. Penghilangan molekul udara menjadi sangat penting karena jika ada molekul udara yang lain, elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpecah oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran, ini disebabkan karena elektron sangat kecil dan ringan.

Didalam alat ini terdapat sebuah pistol elektron yang memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda, kemudian lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel dan sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) 10 keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Kemudian klik *Beam on*, tunggu hingga running up selesai,

kemudian klik *camera* pada *keyboard*, sehingga memperlihatkan permukaan sampel, atur kecerahan dan perbesaran serta fokus pada sampel, klik FREEZ dan klik FILE dan *save image*. Kemudian pada monitor yang lain klik *new* pada menu FILE. Pada monitor SEM atur spot size agar nilai DT% dan CPS naik. Ketika CPS sudah mencapai 10000 dan DT% mendekati 20 klik *Collect* pada minotor EDX. Ketika sinar elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan akan terbaca ke monitor dan memperoleh hasil dalam bentuk gambar permukaan sampel pada SEM dan bentuk grafik/diagram pada EDX yang menunjukkan persentase unsur-unsur dari sampel yang dianalisa.

### **X-Ray Diffraction (XRD)**

Sebelum menganalisa, sampel dihaluskan terlebih dahulu dalam mortal atau alu atau menggunakan *mill grinding*. Setelah halus sampel tersebut dimasukkan dalam *holder* sampel XRD. Difraksi dari alat XRD yang dioperasikan menggunakan sumber tegangan Cu pada 40 KV dan 40 mA sebagai sumber radiasi. Sudut *scanning* dimulai dari 10 sampai 100o. Sampel dikenai suatu sinar-x yang dipancarkan dari sumber tegangannya. Sinar-x tersebut akan menabrak suatu bidang kristal, yang menghasilkan pancaran sinar-x yang dibiarkan oleh suatu bidang kristal tersebut. Obyek dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas dari pantulan sinar-x dan mengolahnya dalam bentuk grafik/difraktogram yang khas sesuai dengan kisi-kisi kristal masing-masing senyawa.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil analisa sampel batuan Aceh menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)* berupa persentase kandungan unsur dan persentase oksidanya yang masing - masing dapat dilihat dalam tabel 1 dan tabel 2.

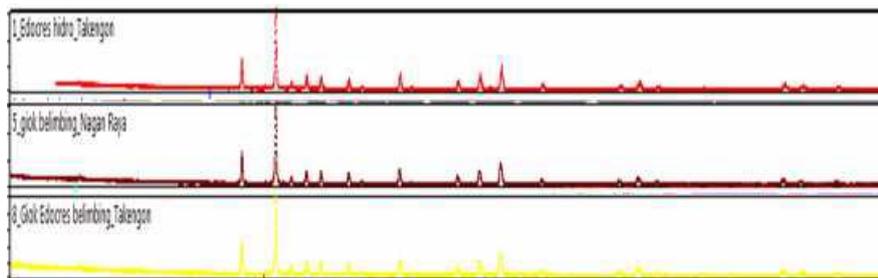
**Tabel 1.** Kandungan unsur dari 12 sampel batuan Aceh menggunakan SEM-EDX

Sampel	Pesentase Unsur (%)					
	Si	Ca	Al	Mg	O	Fe
Sampel 1	22.99	28.11	13.19	1.49	34.21	-
Sampel 2	22.60	26.56	14.19	1.50	35.16	-
Sampel 3	36.05	13.09	-	13.99	29.86	7.01
Sampel 4	50.63	0.67	1.30	-	42.85	4.55
Sampel 5	32.51	8.32	0.59	14.56	40.56	3.10
Sampel 6	23.09	26.42	14.53	0.72	35.24	-
Sampel 7	26.31	-	-	27.03	42.63	4.04
Sampel 8	22.47	22.84	10.36	5.77	37.08	1.49
Sampel 9	21.34	21.35	14.16	4.23	37.58	1.35
Sampel 10	53.59	-	-	-	46.41	-
Sampel 11	16.85	19.73	8.89	2.81	34.17	2.18
Sampel 12	24.42	6.97	-	12.15	35.55	2.43

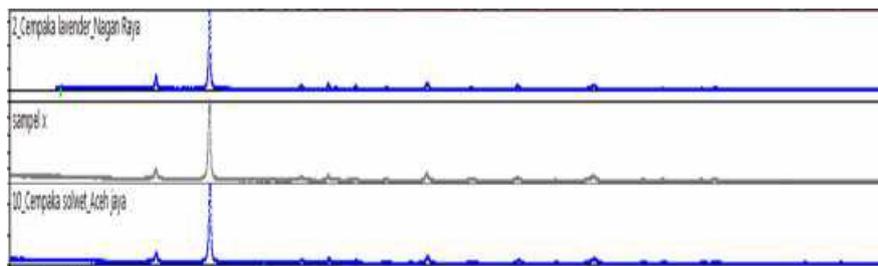
**Tabel 2.** Kandungan oksida dari 12 sampel batuan Aceh menggunakan SEM-EDX

Sampel	Persentase Oksida (%)				
	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Sampel 1	2.21	22.02	42.16	33.61	-
Sampel 2	2.23	23.89	41.81	32.07	-
Sampel 3	18.76	-	59.52	13.99	7.73
Sampel 4	-	2.13	91.74	0.76	5.38
Sampel 5	22.76	1.00	62.00	10.29	3.95
Sampel 6	1.07	24.46	42.65	31.83	-
Sampel 7	42.63	-	52.01	-	5.36
Sampel 8	8.82	17.79	42.95	28.53	1.91
Sampel 9	6.47	24.40	40.72	26.67	1.73
Sampel 10	-	-	100	-	-
Sampel 11	5.37	19.25	41.46	30.52	3.41
Sampel 12	23.71	-	61.41	11.02	3.86

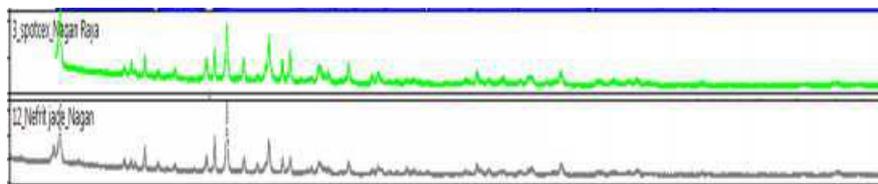
Hasil pengukuran terhadap 12 sampel batuan Aceh menggunakan XRD dapat dilihat dalam Gambar dibawah ini :



**Gambar 1.** Difraktogram Sampel 1, 5 dan 8



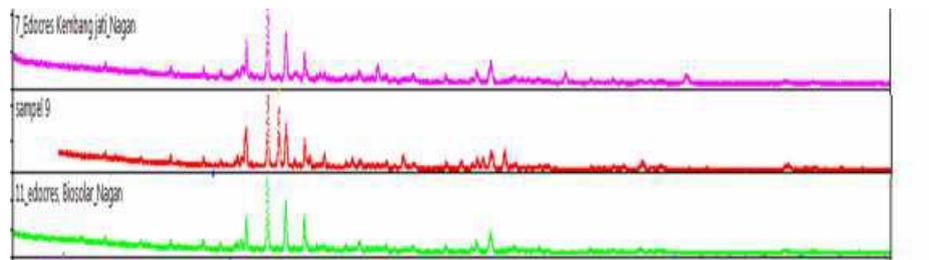
**Gambar 2.** Difraktogram Sampel 2, 4 dan 10



**Gambar 3.** Difraktogram Sampel 3 dan 12



**Gambar 4.** Difraktogram Sampel 6



**Gambar 5.** Difraktogram Sampel 7, 9 dan 11

Mineral batuan merupakan benda padat yang terbentuk oleh proses anorganik. Tiap mineral memiliki susunan atom yang teratur dan komposisi kimia tertentu dan memberikan sifat fisik yang spesifik. Selama ini untuk menentukan struktur atom dan komposisi kimia suatu mineral diperlukan test dan peralatan yang canggih. Oleh sebab itu sifat fisik mineral sering digunakan untuk mengkarakterisasi suatu batuan. Sifat fisik mineral yang sering digunakan untuk mengkarakterisasi suatu mineral antara lain bentuk kristal (form), kilap (luster), warna (colour), cerat (streak), kekerasan (hardness), belahan (cleavage), pecahan (fracture) dan berat jenis (specific gravity). Karakterisasi ini tidak memberikan informasi kandungan mineralnya secara detail, sehingga diperlukan alat karakterisasi lain yang dianggap tidak rumit dan memberikan informasi baik sifat fisik dan sifat kimia lainnya dalam waktu yang lebih singkat.

Batuan yang diteliti berasal dari Aceh. Seperti yang telah diketahui, Aceh merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki kekayaan alam yang berlimpah ruah salah satunya adalah batuan mulia, yang saat ini sangat marak diincar oleh pengusaha-pengusaha untuk dijual dengan harga tinggi, karena kandungan mineral yang dimiliki oleh batuan mulia tersebut. Sampel 1 dan 8 merupakan sampel yang berasal dari Aceh Tengah yaitu Takengon. Sampel 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11 dan 12 merupakan sampel yang berasal dari Aceh bagian Barat yaitu Nagan Raya. Sampel 10 merupakan sampel yang berasal dari Aceh Jaya.

Karakterisasi batuan menggunakan metode SEM-EDX dan XRD ini merupakan penelitian awal yang dapat memberikan informasi tentang jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan dengan mengetahui kandungan unsurnya, oksidanya dan disamping itu juga kita dapat mendalami sifat fisik dan kimia dari mineral tersebut. Karakterisasi dengan menggunakan alat SEM-EDX dan XRD akan memberikan hasil yang lebih cepat dan akurat dengan metode yang digunakan sangat sederhana dan waktu penelitiannya juga singkat.

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah suatu jenis mikroskop elektron yang menciptakan berbagai gambaran dengan memusatkan suatu berkas cahaya energi elektron tinggi ke permukaan suatu sampel dan sinyal pendeteksian dari interaksi elektron dengan permukaan sampel. Jenis sinyal terkumpul dalam suatu SEM bervariasi dan dapat meliputi elektron sekunder, karakteristik sinar-rontgen, dan hamburan balik electron. Pada penggunaan mikroskop elektron merupakan berkas cahaya elektron yang dipusatkan untuk memperoleh perbesaran jauh lebih tinggi dibanding suatu mikroskop cahaya konvensional (Setyadhani, 2012).

SEM dapat mengamati struktur maupun bentuk permukaan yang berskala lebih halus, dilengkapi dengan EDX (*Electron Dispersive X-ray*) dan dapat mendeteksi unsur-unsur dalam sampel dan juga permukaan yang diamati melalui penghantar elektron. Proses analisa dengan SEM-EDX menggunakan sampel bubuk yang diletakkan diatas specimen holder dan dimasukkan kedalam specimen chamber, kemudian diletakkan dalam alat SEM-EDX dan siap dioperasikan.

Dalam pengukuran SEM-EDX, untuk setiap sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area. Sinar elektron yang dihasilkan area *gun* dialihkan hingga mengenai sampel. Aliran sinar elektron ini selanjutnya difokuskan menggunakan elektron optik *columb* sebelum sinar elektron tersebut membentuk atau mengenai sampel. Setelah sinar elektron mengenai sampel, akan terjadi beberapa interaksi-interaksi pada sampel yang disinari. Interaksi –

interaksi yang terjadi tersebut selanjutnya akan terdeteksi dan diubah kedalam sebuah gambar oleh analisis SEM dan dalam bentuk grafik oleh analisis EDX (Prasetyo, 2011).

Berdasarkan hasil SEM-EDX dapat diketahui kandungan unsur dari setiap sampel. Sampel 1, 2, 6, 8, 9 dan sampel 11 memiliki kandungan unsur Ca yang lebih dominan. Sedangkan sampel 3, 4, 5, 10 dan sampel 12 memiliki kandungan unsur Si yang lebih dominan. Terakhir sampel 7 memiliki kandungan unsur Mg yang lebih dominan. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa dari data tersebut, sampel yang berasal dari Nagan Raya dan Aceh Tengah / Takengon memiliki kandungan unsur Ca yang lebih dominan, namun ada pula sampel yang berasal dari Nagan Raya yaitu sampel 3, 4, 5 dan 12 memiliki kandungan unsur Si lebih tinggi. Hal ini mungkin dikarenakan letak geografis dari batuan tersebut. Sedangkan sampel 10 yang berasal dari Aceh Jaya memiliki kandungan unsur Si lebih dominan. Sampel 7 berasal dari Nagan Raya memiliki kandungan unsur Mg lebih tinggi.

Berdasarkan pengujian SEM-EDX menunjukkan persentase unsur dari sampel, kemudian sebelum pengujian XRD, dilakukan pengujian *element test* untuk mengetahui ada tidaknya senyawa karbonat. Pengujian tersebut dilakukan dengan cara menambahkan 2 tetes asam pekat kedalam sedikit sampel, pengujian ini memperoleh hasil negatif, karena tidak adanya gelembung saat sampel ditetesi asam pekat, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada sampel ini, tidak mengandung senyawa karbonat.

*X-Ray Diffraction (XRD)* merupakan salah satu metoda karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. XRD merupakan metode analisa non-destruktif yang didasarkan pada pengukuran radiasi sinar-X yang terdifraksi oleh bidang kristal ketika terjadi interaksi antara suatu materi dengan radiasi elektromagnetik sinar-X. Suatu kristal memiliki kisi kristal tertentu dengan jarak antar bidang kristal spesifik sehingga bidang kristal tersebut akan memantulkan radiasi sinar-X dengan sudut-sudut tertentu (Suharyana, 2012).

Berdasarkan hasil XRD dapat diketahui bahwa sampel 1, 5 dan sampel 8 memiliki gambaran difraktogram yang sama dan senyawa yang diperoleh adalah Kalsium Aluminium Silika/*Grossular* ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ ). Sedangkan sampel 2, 4 dan sampel 10 memiliki gambaran difraktogram yang sama dan senyawa yang diperoleh adalah Silika Oksida/*Quartz* ( $\text{SiO}_2$ ). Sampel 3 dan sampel 12 memiliki gambaran difraktogram yang sama dan senyawa yang diperoleh adalah Kalsium Magnesium Silika/*Actinolite* ( $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ ). Sampel 7, sampel 9 dan sampel 11 memiliki gambaran difraktogram yang sama dan kandungan senyawa yang diperoleh adalah Kalsium Magnesium Ferro Silika/*Vesuvianite* ( $\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH,F})_4$ ). Terakhir sampel 6 memiliki gambaran difraktogram yang berbeda dan senyawa yang diperoleh adalah Magnesium Silika/*Lizardite* ( $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ).

Sampel 1, 5 dan 8 mengandung mineral *Grossular*, dimana *Grossular* merupakan mineral kalsium-aluminium jenis dari garnet, yang sudah biasa digunakan dalam pembuatan perhiasan, keramik dan lain-lain. Sampel 2, 4 dan sampel 10 mengandung mineral *Silicon Quartz* varietasnya adalah batuan semi mulia yang banyak berada di daerah Indonesia yang memiliki beragam jenis klasifikasi berdasarkan mineral ikutannya. Sampel 3 dan sampel 12 mengandung mineral *Actinolite* yang merupakan batuan semi mulia, yang terdiri dari banyak kristal berbentuk jarum, beberapa bentuk *Actinolite* biasa dijumpai sebagai Nefrit. Sampel 7, 9 dan sampel 11 mengandung mineral *Vesuvianite* yang dikenal juga dengan Idocrase yang merupakan jenis dari mineral sorosilikat yang berbentuk kristal yang kasar. Sedangkan yang terakhir, sampel 6 mengandung mineral *Lizardite* yang merupakan kelompok serpentine yang kehijauan, kecoklatan dan berbintik-bintik yang umumnya ditemukan pada batuan semi mulia, dan biasa digunakan sebagai batu hias.

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa batuan semi mulia yang berasal dari Aceh ini mengandung jenis mineral silikat dan memiliki nilai ekonomis yang sangat tinggi, karena kandungan mineral yang beragam. Tidak hanya dengan kandungan mineralnya, tetapi keindahan dari bentuk batuan semi mulia ini juga dapat membuat nilai

ekonomisnya menjulang tinggi. Batuan semi mulia ini tidak hanya indah tetapi juga bermanfaat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengamatan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

- Berdasarkan hasil SEM-EDX dan XRD dapat diketahui jenis mineral yang terkandung didalam sampel.
- Sampel 1, 5 dan sampel 8 mengandung senyawa *Calcium Aluminum Silicate/Grossular* ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ ).
- Sampel 2, 4 dan sampel 10 mengandung senyawa *Silicon Oxide/Quartz* ( $\text{SiO}_2$ ).
- Sampel 3 dan sampel 12 mengandung senyawa *Calcium Magnesium Silicate/Actinolite* ( $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$ ).
- Sampel 7, sampel 9 dan sampel 11 memiliki mengandung senyawa *Calcium Magnesium Ferro Silicate/Vesuvianite* ( $\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH,F})_4$ ).
- Sampel 6 memiliki mengandung senyawa *Magnesium Silicate/Lizardite* ( $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ).
- Semua sampel yang dianalisis mengandung jenis mineral silikat.
  - ✓ *Grossular* merupakan golongan Nesosilikat, kelompok garnet.
  - ✓ *Quartz* merupakan golongan Teksosilikat, kelompok quartz.
  - ✓ *Actinolite* merupakan golongan Inosilikat, kelompok amphibole.
  - ✓ *Vesuviaite* merupakan golongan Sorosilikat, kelompok visovianit.
  - ✓ *Lizardite* merupakan golongan Filosilikat, kelompok serpentin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Keenan CW et all. 1992. *Ilmu Kimia Untuk Universitas*. Pudjatmaka, AH. Diiterjemahkan dari *General College Chemistry*. Jakarta: Erlangga.
- Prasetyo, Y. 2011. *Scanning Electron Microscope dan Optical Emission Spectroscopie*. Bandung: Wordpress.
- Setyadhani, Riana Tri. 2012. <http://nanudz.blog.uns.ac.id/2012/12/28/x-raydiffraction-xrd/>. Diakses tanggal 18 Agustus 2015.
- Suharyana. 2012. *Dasar-Dasar dan Pemanfaatan Metode Difraksi Sinar-X*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Wahyudi, T. 2014. *Pengantar Mineralogi*. Bandung: Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.