

## IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK MINERAL PADA BATUBARA DENGAN PENDEKATAN ILMIAH ANALISA XRD DAN ANALISA SEM-EDS

Annisa<sup>1</sup>, Retna Hapsari<sup>2</sup>

Universitas Lambung Mangkurat<sup>1,2</sup>  
annisa@unlam.ac.id<sup>1</sup>  
arikartadipura@yahoo.com<sup>2</sup>

### ABSTRACT

*Coal minerals can form either syngenetically or epigenetically associated with coal. Overall the material in coal is divided into three classes: minerals in the form of crystalline and discrete particles, inorganic elements or compounds bonded with coal molecules (excluding nitrogen and sulfur) and inorganic compounds dissolved in pore water and surface water of coal. In the identification of mineral characteristics three scientific approaches are X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dispersive Spectroscopy (EDS). Based on the results of X-Ray Diffraction (XRD) analysis found some clay minerals and sulphate. Minerals encountered in coal samples include quartz, kaolinite, Kutnohorite, magnesian, melanterit, zaherit and beidellite. Beidellite is a transformation of smectite, melanterit is a sulfate mineral formed from oxidized pyrite. While the results of the Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) analysis of the elements are believed to be similar to the existing elements in mineral XRD analysis results are reinforced by SEM analysis that shows the appearance of mineral morphology such as kaolin flakes, melanterit and framboidal pyrite.*

**Keywords:** *Framboidal Pyrite XRD, SEM, EDS, Minerals*

### ABSTRAK

Mineral pada batubara dapat terbentuk baik secara singenetik maupun epigenetik yang berasosiasi dengan batubara. Secara keseluruhan material pada batubara terbagi atas tiga golongan yaitu mineral dalam bentuk partikel kristalin dan diskrit, unsur atau senyawa anorganik yang terikat dengan molekul batubara (tidak termasuk nitrogen dan sulfur) dan senyawa anorganik yang larut dalam air pori dan air permukaan batubara. Dalam identifikasi karakteristik mineral dilakukan tiga pendekatan ilmiah yaitu analisa *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Berdasarkan hasil analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) didapatkan beberapa mineral lempung dan sulfat. Mineral yang ditemui pada sampel batubara diantaranya kuarsa, kaolinit, *Kutnohorite*, *magnesian*, melanterit, zaherit dan beidellit. Mineral beideli merupakan transformasi dari smectit, melanterit adalah mineral sulfat yang terbentuk dari pirit yang mengalami oksidasi. Sementara hasil analisa *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) berupa unsur-unsur yang diyakini sama dengan unsur yang ada pada mineral hasil analisa XRD yang diperkuat dengan hasil analisa SEM yang menunjukkan kenampakan morfologi mineral seperti serpihan kaolin, melanterit dan pirit framboidal.

**Kata Kunci :** Pirit Framboidal, XRD, SEM, EDS, Mineral

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil batubara yang cukup besar di dunia. Berdasarkan **BP Statistical Review of World Energy 2015** Indonesia termasuk dalam *Top Ten Coal Producers*, sehingga produksi batubara Indonesia seharusnya dapat memenuhi kebutuhan negeri akan energi sesuai pemanfaatannya. Produksi batubara di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat, baik untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri (domestik) maupun untuk pemenuhan permintaan luar negeri (ekspor). Berdasarkan data yang ada hingga saat ini, beberapa daerah yang memiliki keterdapatan endapan batubara dapat ditemui sebagian besar pada Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan, sementara dalam jumlah relatif lebih kecil dapat ditemui pada Jawa bagian Barat, Sulawesi, kepulauan Maluku, dan Papua.

Secara umum batubara mempunyai karakteristik komposisi mineral dan maseral yang hampir sama. Komposisi batubara tersusun dari bahan-bahan organik dan non organik, bahan organik pada batubara dapat mencapai lebih dari 75 %. Bahan organik ini disebut maseral (*maceral*) yang berasal dari sisa tumbuhan dan telah mengalami berbagai tingkat dekomposisi serta perubahan sifat fisik dan kimia baik sebelum ataupun sesudah tertutup oleh lapisan di atasnya, sedangkan bahan anorganik disebut mineral atau *mineral matter*. Material penyusun pada batubara dapat diartikan sebagai mineral-mineral dan material organik lainnya (Ward, 1986). Secara keseluruhan mencakup tiga golongan material yaitu :

1. Mineral dalam bentuk partikel detrital dan kristalin pada batubara.
2. Unsur atau senyawa dan biasanya tidak termasuk unsur nitrogen dan sulfur.
3. Senyawa anorganik yang larut dalam air pori batubara dan air permukaan

Mineral matter pada batubara dapat berasal dari unsur anorganik pada tumbuh-tumbuhan pembentuk batubara atau disebut *inherent mineral* serta mineral yang berasal dari luar rawa atau endapan kemudian ditransport ke dalam cekungan pengendapan batubara melalui air atau angin dan disebut *extraneous* atau *adventitious mineral matter* (Falcon dan Snyman, 1986; Speight, 1994).

Berdasarkan atas kelimpahannya, maka mineral-mineral pada batubara dapat dibedakan atas : mineral utama (*major minerals*), mineral tambahan (*minor minerals*) dan mineral jejak (*trace minerals*). Ranton (1982) menggolongkan mineral utama jika kadarnya > 10 % berat, mineral tambahan 1-10 % dan mineral jejak, 1 % berat. Umumnya yang termasuk mineral utama adalah mineral lempung dan kuarsa sedangkan mineral minor yang umum adalah karbonat, sulfida dan sulfur. Pirit ( $\text{FeS}_2$ ) merupakan mineral yang memberikan kontribusi besar terhadap kandungan sulfur dalam batubara, atau lebih dikenal dengan sulfur piritik (Mackowsky, 1943 dalam Taylor dkk., 1998).

Keterdapatan mineral dalam jumlah tertentu akan mempengaruhi parameter kualitas batubara terutama parameter abu (*ash Content*), sulfur (Total Sulfur) dan nilai kalori (*Calorific Value*) sehingga dapat membatasi penggunaan batubara.

Menurut Finkelman, (1993), ketersediaan mineral dalam batubara bermanfaat dalam mempelajari genesa dan pemamfaatannya.

Berdasarkan pernyataan diatas, untuk mengidentifikasi karakteristik mineral pada batubara maka pada penelitian ini dilakukan suatu pendekatan ilmiah berupa analisa *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)* dan *Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)*. Kajian dari pendekatan ilmiah ini diharapkan mampu untuk mengetahui karakteristik mineral yang paling berperan dalam mempengaruhi parameter kualitas batubara sehingga memudahkan dalam pemamfaatannya.

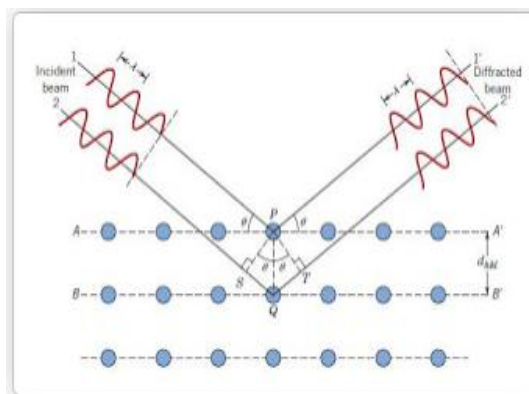
## METODE PENELITIAN

Sampel batubara diperoleh dari singkapan dan diambil dengan cara *channel sampling*. Sampel batubara berjumlah empat buah, selanjutnya sampel direduksi ukurannya dan dibagi menjadi dua yaitu untuk arsip dan analisa. Bagian sampel yang akan dianalisa dibagi menjadi tiga bagian yaitu untuk keperluan analisa *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)* dan *Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)*.

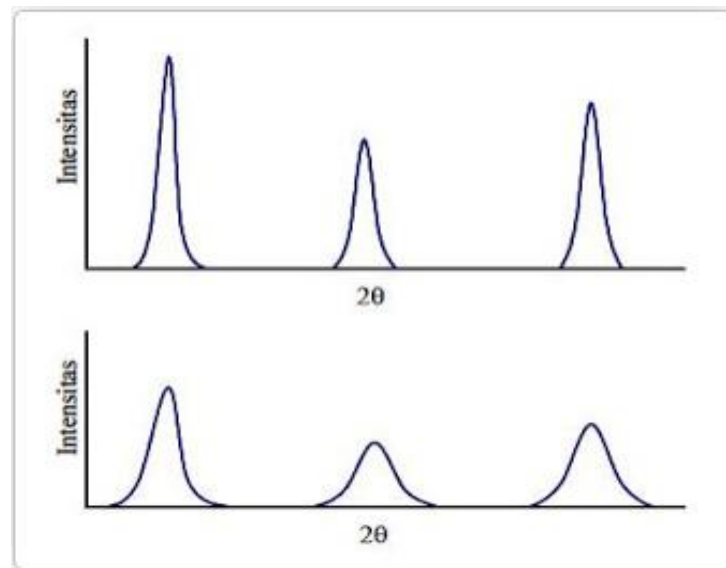
### *X-Ray Diffraction (XRD)*

Analisis XRD merupakan metode yang memberikan informasi mengenai jenis mineral yang terdapat dalam suatu contoh batubara. Mekanisme kerja analisis XRD, yakni contoh batubara digerus sampai halus < # 60 kemudian dipadatkan di dalam holder, selanjutnya diletakkan pada alat XRD dan diradiasi dengan Sinar X, berkas sinar X yang saling menguatkan disebut sebagai berkas difraksi. Dalam hukum Bragg persyaratan yang harus terpenuhi agar berkas sinar X yang terpecah tersebut adalah berkas fraksi. Ilustrasi difraksi dapat dilihat pada Gambar 1.

Penyinaran Sinar X berupa spektrum difraksi yang dideteksi oleh detektor *infra red* dan kemudian data difraksi tersebut direkam dan dicatat oleh komputer dalam bentuk grafik intensitas puncak (*peak*). Analisis jarak antara bidang kisi kristalnya dengan menggunakan *software* tertentu sehingga dapat menghasilkan suatu data dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Ilustrasi difraksi sinar-X pada XRD



Gambar 2. XRD Peaks

### **Scanning Electron Microscope (SEM)**

Karakterisasi material menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan untuk melihat morfologi material secara visual. SEM memanfaatkan interaksi antara elektron sumber (*primary electron*) dengan elektron penyusun contoh yang akan menghasilkan emisi elektron ataupun foton. Hasil dari interaksi tersebut akan direkam oleh detektor *Energy Dispersive X-ray* (EDX). Hasil data rekaman divisualisasikan sehingga menghasilkan morfologi mineral pada sampel yang diuji. Struktur mikro mineral yang teramati oleh SEM. *Scanning Electron Microscope* adalah suatu tipe mikroskop electron yang menggambarkan permukaan sampel melalui proses *scanning* dengan menggunakan pancaran energi yang tinggi dari electron dalam suatu pola *scann raster*. *Electron* berinteraksi dengan atom – atom yang membuat sampel menghasilkan sinyal yang memberikan informasi mengenai permukaan topografi sampel, komposisi dan sifat – sifat lainnya seperti konduktivitas listrik.

### **Energy Dispersive Spectrometry (EDS)**

*Energy Dispersive Spectrometry* (EDS) merupakan instrumen pelengkap di dalam SEM yang berfungsi mengidentifikasi unsur kimia dan proporsinya pada permukaan mineral (% atom). Unsur tersebut dideteksi oleh energi sinar-X yang dihasilkan oleh permukaan material yang diuji

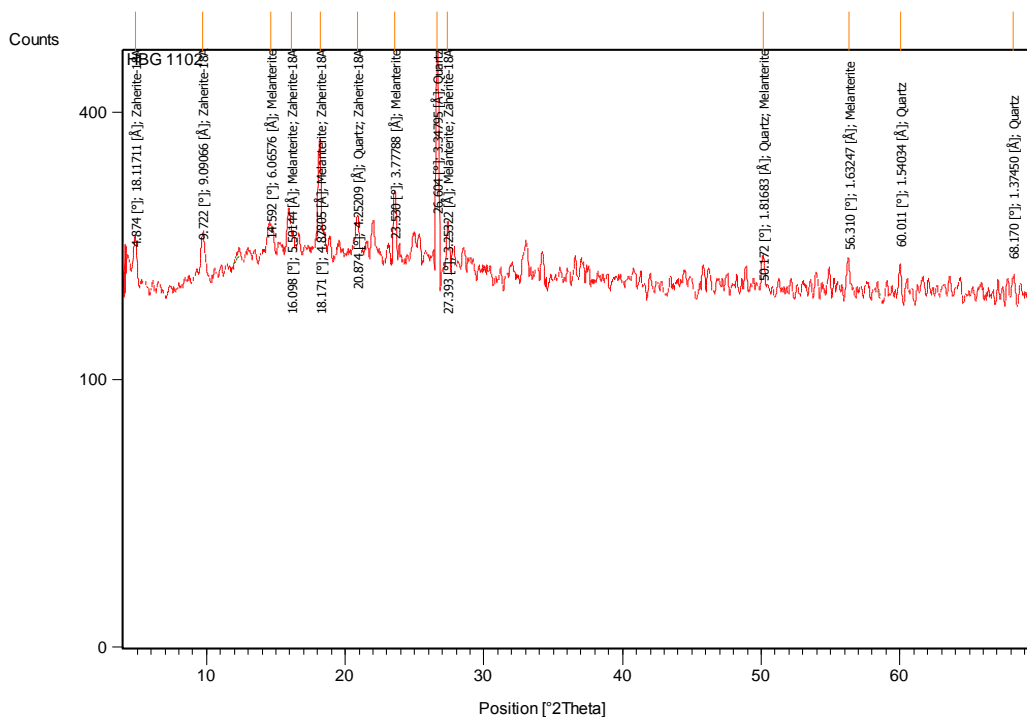
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil analisa *x-ray diffraction* pada sampel batubara mengidentifikasi kehadiran mineral-mineral diantaranya kuarsa, kaolinit, *Kutnohorite*, *magnesian*, melanterit, zaherit dan beidellit. Mineral-mineral tersebut terbentuk secara singentik maupun epigenetik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisa XRD

Kode Sampel	Analisis XRD		
	Mineral	Chemical Formula	Kelas Mineral
X-1	Quartz	SiO <sub>2</sub>	Silikat
	Melanterite	Fe +2SO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	Sulfat
	Zaherite-18A	Al <sub>12</sub> ( SO <sub>4</sub> ) <sub>5</sub> ( OH ) <sub>26</sub> ·20H <sub>2</sub> O	Sulfat
X-2	Quartz	SiO <sub>2</sub>	Silikat
	Kaolinite#1\ITA\RG	Al <sub>2</sub> ( Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) ( OH ) <sub>4</sub>	Clays
X-3	Quartz	SiO <sub>2</sub>	Silikat
	Kaolinite#1\ITA\RG	Al <sub>2</sub> ( Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) ( OH ) <sub>4</sub>	Clays
X-4	Quartz Low, Syn	SiO <sub>2</sub>	Silikat
	Kutnohorite, Magnesian	Ca ( Mn , Mg ) ( CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Karbonat

Bentuk grafik intensitas puncak (*peak*) direkam dan dicatat oleh komputer. Analisis jarak antara bidang kisi kristalnya dengan menggunakan *software* menghasilkan suatu data yang dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 2.

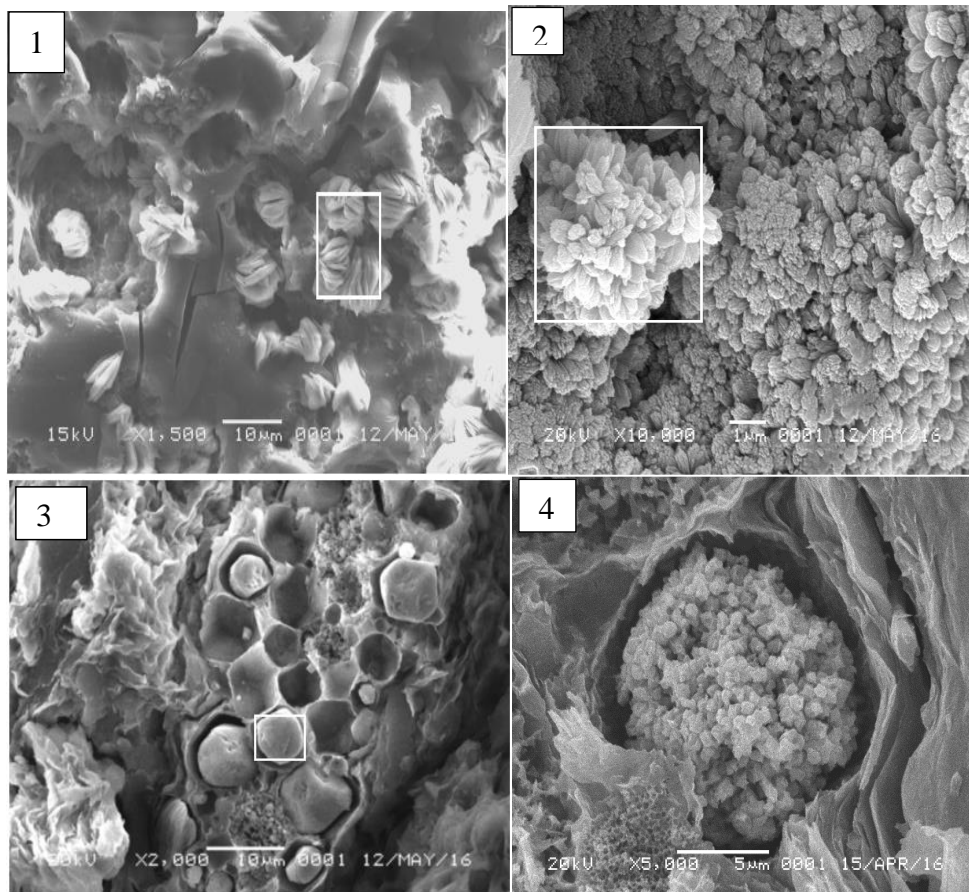


Gambar 3. Peaks dari sampel X-1

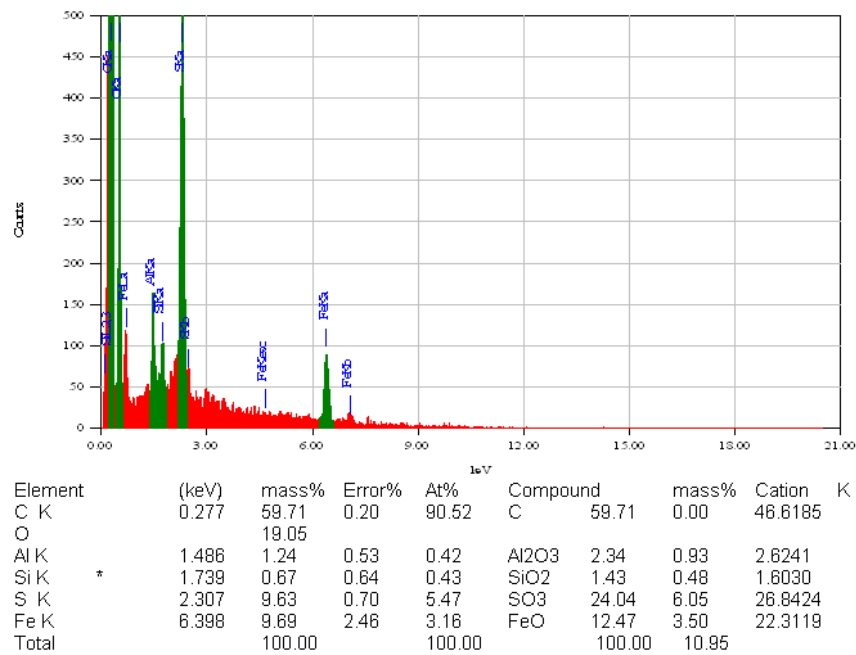
Tabel 2. Identified Patterns List

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	01-085-0797	47	Quartz	0.000	0.991	Si O <sub>2</sub>
*	00-001-0255	21	Melanterite	0.000	0.367	Fe +2 S O <sub>4</sub> 7 H <sub>2</sub> O
*	00-038-0379	10	Zaherite-18A	0.000	0.162	Al <sub>12</sub> ( SO <sub>4</sub> ) <sub>5</sub> (OH) <sub>26</sub> ·20H <sub>2</sub> O

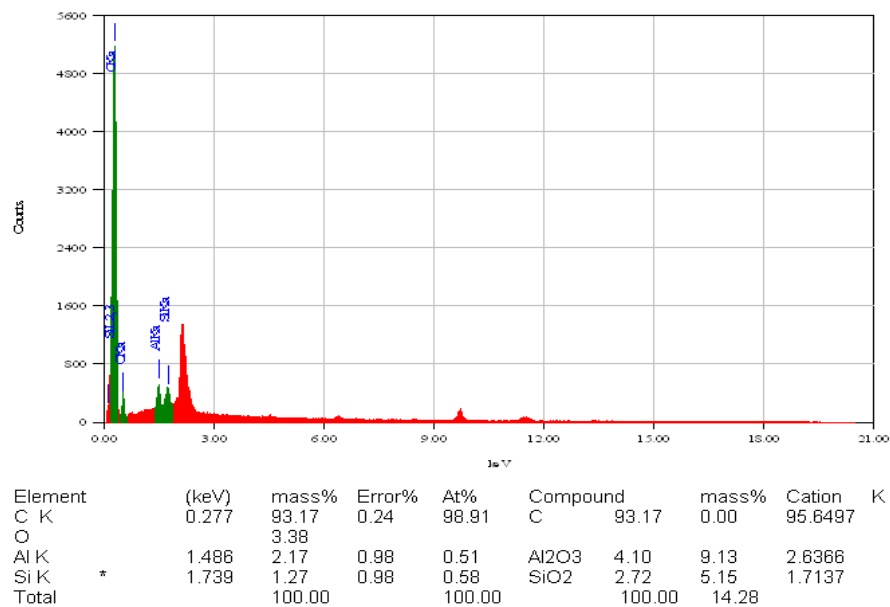
Berdasarkan hasil analisa SEM didapatkan morfologi dari mineral yang terdapat pada sampel batubara. Kenampakan mineral melanterit berlembar yang saling membentuk kuncup bunga (1), kenampakan mineral berlembar dan pipih kaolinit (2), kenampakan kristal heksagonal mineral kuarsa (3), kumpulan pirit framboidal yang mengisi rongga/ rekahan serpih karbonan (4), dimana pirit merupakan kelompok mineral sulfida yang sering dijumpai pada batubara.



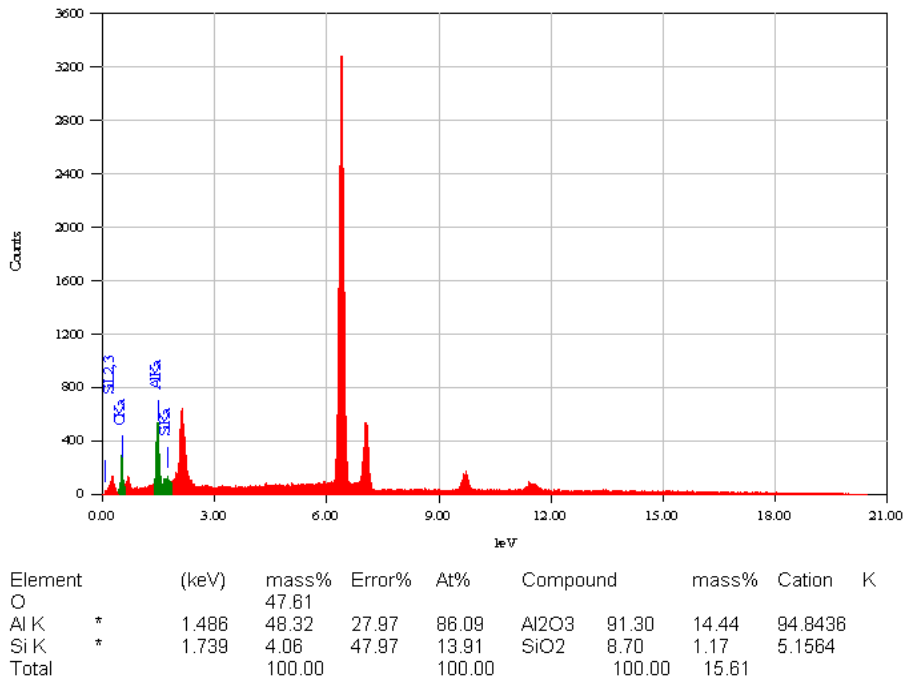
Gambar 4. Morfologi mineral dalam batubara



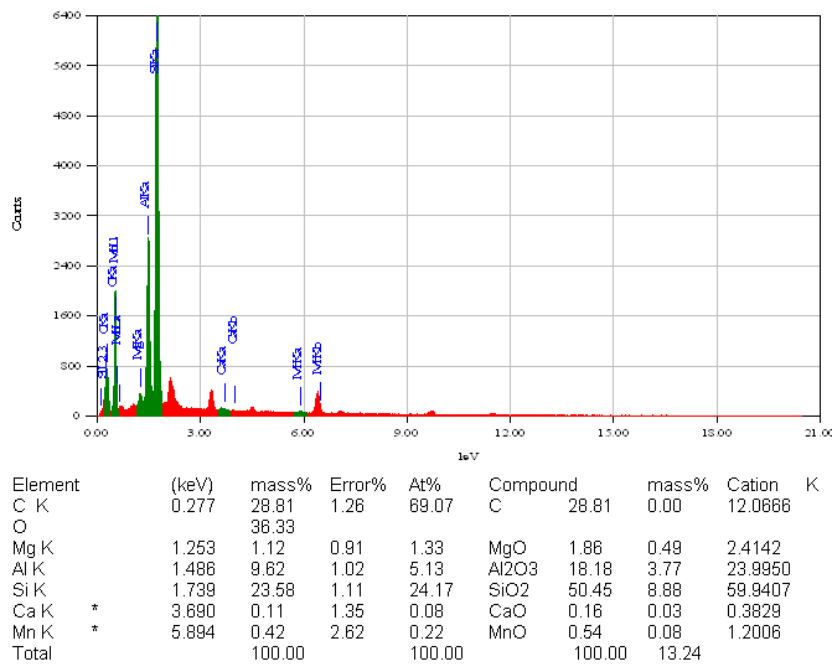
Gambar 5. *Peak* dan hasil analisis komposisi unsur berdasarkan pengujian EDS (sampel X-1)



Gambar 6. *Peak* dan hasil analisis komposisi unsur berdasarkan pengujian EDS (sampel X-2)



Gambar 7. *Peak* dan hasil analisis komposisi unsur berdasarkan pengujian EDS (sampel X-3)



Gambar 8. *Peak* dan hasil analisis komposisi unsur berdasarkan pengujian EDS (sampel X-4)



Berdasarkan hasil analisa EDS diinterpretasikan bahwa unsur-unsur tersebut merupakan unsur pembawa pada mineral yang terdapat pada batubara yang dianalisa.

Suits dan Arthur (2000) menyatakan pirit yang terbentuk dalam batubara sangat erat kaitannya dengan kelimpahan besi reaktif yang dibawa oleh aliran air. Pada batubara yang sudah terlapukkan dan teroksidasi sering sekali dijumpai sulfat dalam bentuk sulfat besi, kalsium, dan barium, namun kandungan sulfat tersebut biasanya rendah sekali.

## KESIMPULAN

1. Hasil analisa *x-ray diffraction* menunjukkan bahwa pada sampel hadir mineral *zaherite*, mineral kuarsa, mineral kaolin, mineral *beidelite* yang merupakan transformasi dari smectit. Melantherit merupakan mineral sulfat sekunder yang diindikasikan terbentuk akibat pirit yang teroksidasi.
2. Hasil analisa *Energy Dispersive Spectrometry* (EDS) berupa unsur-unsur yang sama kandungannya dengan unsur-unsur pada mineral hasil analisa *x-ray diffraction*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Data BP Statistical Review of World Energy 2015, diperoleh melalui situs internet:  
<https://www.google.com>. Diunduh pada tanggal 3 Juli 2016
- Finkelman R.B., 1993, Trace and Minor Elements in Coal, In Organic Geochemistry (Engel, M.H & Macko, S.A) Plenum Press, New York, pp. 299-318
- Mackowsky, M.T.H. (1982): Minerals and trace elements occurring in coal, dalam Stach, E., Teichmuller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., dan Teichmuller, R., *Textbook of Coal Petrology*, Gebrüder Borntraeger, Berlin
- Ranton J.J., 1982, Mineral matter in coal In Meye
- Suit, S.N. dan Arthur M.A. (2000): Sulfur diagenesis and partitioning in Holocene Peru Shelf and upper slope sediments, *Chemical Geology*, **163**, 219-234.
- Speight dan James G. (1994): *The Chemistry and Technology of Coal*. 2nd edition. Marcel Dekker, inc. New York
- Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Robert, P. dan Littke, R. (1998): *Organic Petrology*. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.
- Ward, C.R. (1984): *Coal Geology and Coal Technology*, Blacweel Scientific Publications, Singapore, 345 hal-