

Studi Karakteristik Mineral Pirit pada Seam Batubara A2 dan C Di Pit 1 Utara Penambangan Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan

Aufa Fikri Abdillah^{1*}, Ansosry, S.T., M.T.^{**}, Heri Prabowo, S.T., M.T.^{***}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*aufafikriabdillah99@gmail.com

** osh5161@ft.unp.ac.id

*** heri.19782000@gmail.com

Abstract. PT. Bukit Asam, Tbk is a coal mining company in South Sumatera Province that supplies coal from Steam Power Plant (PLTU) with domestic shipments to Tarahan Steam Power Plant (PLTU) reaching 39.7% of coal production. The purpose of this research is to determine the potential characteristics of pyrite minerals that produce sulfur dioxide gas (SO₂) which affects coal combustion and it can form an encrustation or slag in the steam power plant (PLTU) boiler pipes. The results of the XRF analysis for coal of A2 seam detected the oxidation of sulfur SO₃ is 41.28% and Fe is 17.908% and XRF detected the oxidation of sulfur SO₃ is 75.838% and Fe 8.026% for coal of C seam. Based on the results of microscopic analysis on coal of A2 seam and C seams, there are different of pyrite minerals types analysed. According to the analysis on coal of A2 seam that it contained an epigenetic pyrite mineral type. Mineragraphic analysis on coal of seam C that it contained a syngenetic pyrite mineral type. the framboidal pyrite mineral has fine crystals so it is reactable quickly and it is predicted that it can cause a slag during coal combustion in steam power plants (PLTU).

Keywords: *PLTU, Pirit, SLAG, XRF*

1 Pendahuluan

PT. Bukit Asam, Tbk adalah salah satu perusahaan pertambangan yang bergerak dalam bidang usaha pertambangan batubara terletak di Tanjung Enim, kecamatan Lawang Kidul, kabupaten Muara Enim, provinsi Sumatera Selatan dengan wilayah izin usaha pertambangan (WIUP) 15.500 Ha. PT. Bukit Asam, Tbk menerapkan sistem penambangan terbuka dengan metode berupa open pit. Sistem penambangan open pit meliputi kegiatan pemberaian batuan dengan dengan pengeboran dan peledakan, diikuti dengan operasi penggalian, pemuatan, serta pengangkutan material ke Stockpile.

Batubara tersusun atas mineral organik dan non organik dengan kandungan mineral organik dalam batubara dapat mencapai lebih dari 75%. Bahan organik berasal dari sisa tumbuhan yang disebut dengan maseral (*maceral*) dan telah mengalami berbagai tingkat perubahan atau dekomposisi serta perubahan sifat fisik dan kimia baik sebelum atau sesudah oleh lapisan penutup, bahan anorganik disebut dengan *mineral matter*. Kehadiran *mineral matter* dapat berpengaruh dalam parameter abu dan kadar sulfur. Keterdapatannya mineral dalam batubara bermanfaat dalam mempelajari genesanya (Finkelman, 1993). Keterdapatannya dan tipe mineral pada batubara adalah merupakan mineral atau mineral matter pada batubara dapat diartikan

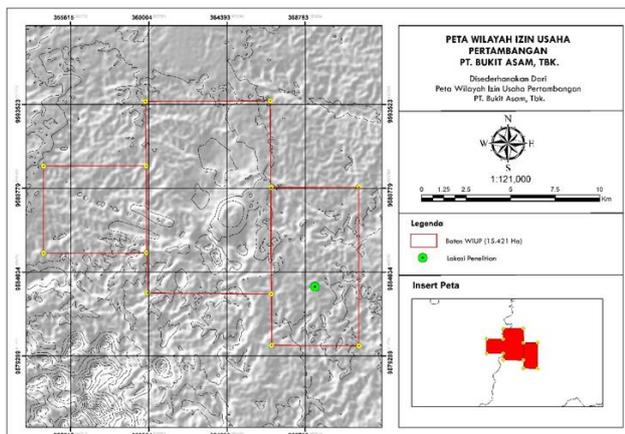
sebagai mineral-mineral dan material organik lainnya yang berasosiasi dengan batubara (Ward, 1986).

Salah satu mineral yang sering dijumpai pada batubara salah satunya mineral pirit, mineral sulfida dengan komposisi kimia (FeS₂) berbentuk kubik dan markasit berbentuk ortorombik. Mineral ini dapat terbentuk baik secara *syngenetic* maupun *epigenetic* dalam berbagai bentuk (Diesel, 1992). Falcon dan Snyman (1986) menunjukkan bahwa akumulasi pirit dalam batubara dapat berasal dari mineral kaya besi eolian dan fluvial pada saat akumulasi gambut diikuti oleh presipitasi in-situ.

PT. Bukit Asam, Tbk salah satu perusahaan dengan penyuplai batubara untuk PLTU dengan pengiriman domestik ke PLTU Tarahan mencapai 39.7% dari produksi batubara. Berdasarkan hasil uji analisis proksimat pada seam batubara A2 dan C didapat hasil total sulfur >1% yang mana berpotensi menghasilkan gas sulfur dioksida (SO₂) yang berpengaruh terhadap pada saat pembakaran batubara pada PLTU serta dapat membentuk semacam kerak atau *slag* pada pipa-pipa boiler PLTU. Dalam hal ini perlunya dilakukan identifikasi terhadap morfologi dan bentuk-bentuk mineral pirit yang terkandung dalam batubara yang berpotensi menghasilkan gas sulfur dioksida (SO₂).

2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dan dilaksanakan di PT. Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Pit 1 Utara Penambangan Banko Barat terletak pada posisi $103^{\circ} 49' 23.934''$ BT | $3 46' 12.134''$ LS.



Gambar 1. Peta lokasi PT. Bukit Asam Tbk

3 Landasan Teori

3.1 Batubara

3.1.1 Pengertian

Batubara merupakan senyawa bahan organik berwarna hitam dan tidak bersifat homogen terbentuk dari sisa tumbuhan dari zaman prasejarah berakumulasi di rawa dan lahan gambut. Menurut Yunita (2000), Batubara adalah substansi heterogen yang dapat terbakar dan terbentuk dari banyak komponen yang mempunyai sifat saling berbeda. Batubara dapat didefinisikan sebagai batuan sedimen yang terbentuk dari tumpukan tanaman selama kurang lebih 300 juta tahun yang lalu. Dekomposisi pada tanaman terjadi karena disebabkan banyaknya oksigen dalam selulosa yang diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O) yang mana kemudian terjadi perubahan dalam kandungan yang disebabkan oleh adanya tekanan, dan pemanasan membentuk lapisan tebal sebagai pengaruh panas bumi selama berjuta-juta tahun, sehingga menyebabkan lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras.

3.1.2 Pembentukan Batubara

Pada proses pembentukan batubara secara umum dibagi dalam dua tahap yaitu: tahap *peatification* dan atau penggambutan (proses biokimia) dan tahap *coalification* atau pematubaraan (proses geokimia). Tahap penggambutan merupakan tahap awal proses pembentukan batubara. Pada tahap ini diperkirakan sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah rawa yang selalu tergenang air. Sisa tumbuhan tersebut oleh aktivitas bakteri anaerobik dan jamur diubah menjadi gambut

Perubahan ini disebut proses biokimia karena aktivitasnya dilakukan oleh bakteri (Stach, 1982).

Pada tahap selanjutnya yaitu proses pematubaraan yang didominasi oleh proses geokimia. Proses yang terjadi pada kenaikan temperatur, tekanan dan waktu sehingga persentase unsur karbon dalam bahan asal pembentuk batubara ini cenderung untuk meningkat. Sebaliknya kandungan dari unsur hidrogen dan oksigen dalam sisa tumbuhan tadi menjadi berkurang, disebabkan pada proses pematubaraan menghasilkan batubara dengan berbagai peringkat yang sesuai dengan tingkat kematangan pada bahan organiknya yaitu mulai dari gambut (*Peat*), lignit, bituminous, sub-bituminous dan antarasit. Adapun faktor terpenting didalam tahap pematubaraan adalah peningkatan secara berangsur-angsur dari gradien geotermik, penimbunan (*burial*) dan waktu (Stach, 1982).

3.2 Analisa Proksimat

Analisa proksimat memberikan gambaran banyaknya senyawa organik ringan (*volatile matter*) secara relatif, karbon dalam bentuk padatan (*fixed carbon*), kadar moisture, dan zat anorganik (*ash*), hingga mencakup keseluruhan komponen batubara, yakni batubara murni ditambah bahan-bahan pengotornya (Muchjidin, 2006). Hasil pengujian Analisa proksimat dapat memberikan beberapa tahapan, yaitu:

- a. Kandungan Air (*Moisture Content*)
Moisture Content pada batubara terbagi atas 2 jenis, yaitu free moisture dan inherent moisture.
- b. Kandungan Zat Terbang (*Volatile Matter*)
Kandungan batubara yang terbebaskan pada temperature tinggi tanpa oksigen yang mudah menguap pada temperature tertentu dalam kondisi standar (misalnya C_xH_y , H_2 , SO_x dan sebagainya).
- c. Kandungan Abu (*Ash Content*)
Abu dalam batubara bersumber dari mineral matter dalam batubara atau zat pengotor seperti batu pasir, tanah dan sebagainya yang berasal dari lapisan tanah penutup.
- d. Kandungan Karbon Tertambat (*Fixed Carbon*)
Fixed carbon menyatakan banyaknya karbon terdapat pada material sisa setelah *volatile matter* dihilangkan.
- e. Nilai Kalor (*Calorific Value*)
Calorific value adalah kandungan energi yang dihasilkan dari batubara pada pembakaran dengan satuan cal/gr atau kcal/gr.

f. Total Sulfur

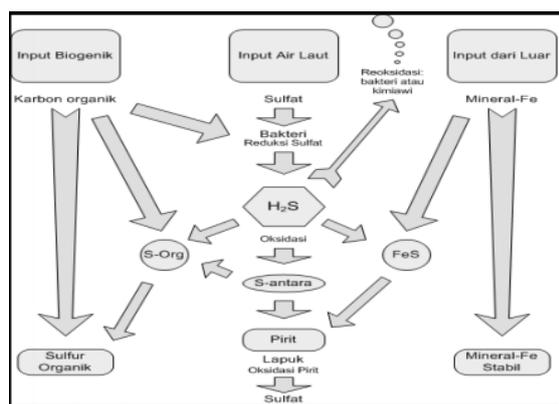
Kandungan sulfur pada batubara yang terdapat pada batubara dalam bentuk senyawa organik dan anorganik.

3.3 Pembentukan sulfur

Terdapat berbagai cara terbentuknya sulfur dalam gambut diantaranya adalah berasal dari pengaruh lapisan pengapit yang terendapkan dalam lingkungan laut (Horne dkk, 1978), pengaruh air laut selama proses pengendapan tumbuhan (Casagrande dkk., 1977), proses mikrobial dan perubahan pH (Casagrande, 1987 dalam Whateley, 1994 dalam Widayat, 2005)., mengatakan pembentukan dan keberadaan sulfur pada batubara dan gambut dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Secara umum batubara sulfur rendah (<1%) mengandung lebih banyak sulfur organik dibanding sulfur piritik.
- b. Batubara sulfur tinggi berasosiasi dengan batuan tanah penutup yang berasal dari endapan laut.
- c. Kandungan sulfur pada batubara umumnya paling tinggi pada bagian atas (*roof*) dan pada bagian dasar (*floor*) lapisan batubara.

Pada proses pembentukan senyawa sulfur dan unsur yang paling penting yaitu aktivitas oleh bakteri. Berikut adalah skema dalam pembentukan sulfur pada batubara dapat dilihat pada gambar 2.



Sumber: Pembentukan sulfur dalam batubara (Suits dan Arthur, 2000)

Gambar 2. Proses terbentuknya sulfur

Sulfur pada batubara terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

a. Sulfur Pirit

Pirit dan markasit merupakan mineral sulfida yang paling umum dijumpai pada batubara. Kedua jenis mineral ini memiliki komposisi kimia yang sama (FeS₂) tetapi berbeda pada sistem kristalnya. Pirit berbentuk isometric sedangkan Markasit berbentuk orthorombik (Taylor G.H, et.al., 1998). Pirit (FeS₂) merupakan mineral yang memberikan kontribusi besar terhadap kandungan sulfur dalam batubara,

atau lebih dikenal dengan sulfur pirit (Mackowsky, 1943 dalam Organic Petrology, 1998). Berdasarkan genesanya, pirit pada batubara dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

- 1) Pirit *Syngenetic*, yaitu pirit yang terbentuk selama proses penggabutan (*peatification*).
- 2) Pirit *Epygenetic*, yaitu pirit yang terbentuk setelah proses pembatubaraan.

b. Sulfur Organik

Sulfur organik merupakan suatu elemen pada struktur makromolekul dalam batubara yang kehadirannya secara parsial dikondisikan oleh kandungan dari elemen yang berasal dari material tumbuhan asal.

c. Sulfur Sulfat

Kandungan sulfur sulfat biasanya rendah sekali atau tidak ada kecuali jika batubara telah terlapukkan dan beberapa mineral pirit teroksidasi akan menjadi sulfat (Meyers, 1982 and Kasrai et.al, 1996).

3.4 Pirit

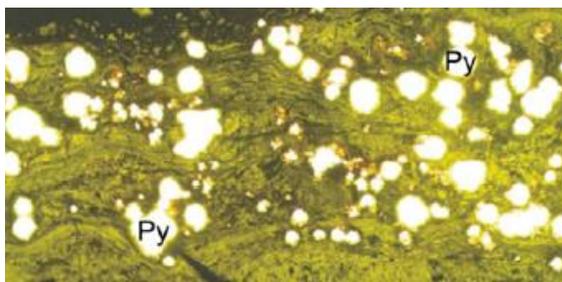
Pirit dan markasit adalah mineral sulfida yang paling umum dijumpai pada batubara. Kedua jenis mineral ini memiliki komposisi kimia yang sama (FeS₂) tetapi berbeda pada sistem kristalnya. Pirit berbentuk isometrik sedangkan Markasit berbentuk orthorombik (Taylor dkk, 1998). Pirit (FeS₂) merupakan mineral yang memberikan kontribusi besar terhadap kandungan sulfur dalam batubara, atau lebih dikenal dengan sulfur piritik (Mackowsky, 1943 dalam Taylor dkk,1998). Pirit dapat terbentuk sebagai hasil reduksi sulfur primer oleh mineral yang mengandung Fe.

Bentuk pirit hasil reduksi ini biasanya framboidal dengan sumber sulfur yang tereduksi kemungkinan terdapat dalam material yang terendapkan bersama batubara. Terbentuknya pirit epigenetik sangat berhubungan dengan frekuensi rekahan karena kation-kation yang terlarut (dalam hal ini ion Fe) akan terbawa ke dalam batubara oleh aliran air tanah melalui cleat tersebut dan selanjutnya bereaksi dengan sulfur yang telah tereduksi untuk kemudian membentuk pirit (Demchuk, 1987).

Beberapa jenis pirit yang telah dideskripsikan oleh Grady (1977), Crelling et al. (1983), Wiese and Fyfe (1986) Frankie and Hower (1987), Querol et al. (1989), Renton and Bird (1991).

a. *Framboidal* Pirit

Bentuk pirit *framboidal* tergolong sebagai pirit dengan karakter *syngenetic*.

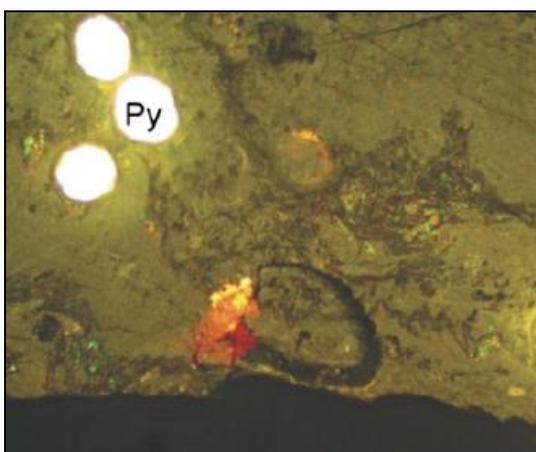


Sumber: Widodo, dkk (2010)

Gambar 3. Bentuk mineral pirit *framboidal*

b. *Euhedral* pirit

Pirit *euhedral* dapat dikenali juga sebagai kristal sebagian besar pirit *euhedral* adalah *syngenetic* dan dihasilkan selama pengendapan gambut dan/atau selama humifikasi awal.



Sumber: Widodo, dkk (2010)

Gambar 4. Bentuk mineral pirit *euhedral*

c. *Anhedral* pirit

Pirit *anhedral* sesuai dengan bentuk pirit berbentuk seperti puing-puing tanaman. Pirit *anhedral* dibagi menjadi dua jenis, pirit *anhedral* pengganti dan pirit *anhedral* pengisi (Kortenski and Kostova, 1996; Wiese and Fyfe, 1986)

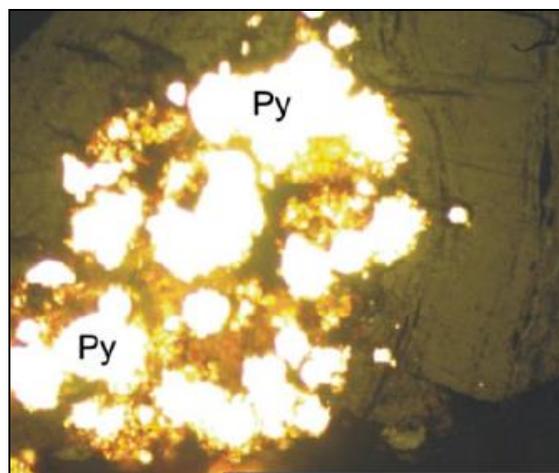


Sumber: Widodo, dkk (2010)

Gambar 5. Bentuk mineral pirit *anhedral*

d. *Massive* pirit

Pirit *massive* biasanya ditemukan pada bagian cleat/pengisi pada rekahan, sementasi, perlapisan framboidal mineral euhedral atau detrital (Querol et al., 1989). Pirit *massive* biasanya ditemukan pada bagian cleat/pengisi pada rekahan, sementasi, perlapisan framboidal mineral euhedral atau detrital (Querol et al., 1989).



Sumber: Widodo, dkk (2010)

Gambar 6. Bentuk mineral pirit *massive*

4 Metode Penelitian

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian Kualitatif. Penelitian kualitatif diartikan sebagai jenis penelitian yang temuannya tidak diperoleh melalui prosedur statistik atau bentuk hitungan lainnya Strauss dan Corbin (2007:1). Metode yang dipakai yaitu berupa metode *Case studies*, dimana peneliti melakukan eksplorasi secara mendalam terhadap program, kejadian, proses, aktivitas, terhadap satu atau lebih orang dan melakukan pengumpulan data secara mendetail dengan menggunakan berbagai prosedur pengumpulan data dan dalam waktu yang berkesinambungan.

4.2 Tahapan Penelitian

4.1.1 Studi Literatur

Studi literature merupakan kegiatan pencarian bahan pustaka yang berkaitan dengan masalah penelitian meliputi teori-teori yang berhubungan dengan pembentukan batubara, jenis-jenis mineral pirit, dan pengaruh dari mineral pirit.

4.1.2 Observasi Lapangan

Observasi lapangan adalah kegiatan peninjauan lapangan langsung untuk mengamati kondisi daerah penelitian dan kegiatan penambangan di lokasi tersebut.

4.1.3 Perumusan Masalah

Rumusan masalah disusun berdasarkan observasi lapangan untuk menjawab permasalahan dan menemukan solusi.

4.1.4 Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian ini dilakukan setelah mempelajari literatur dan orientasi lapangan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder, data primer yaitu data yang didapat dari pengambilan langsung dilapangan dan data primer yaitu data yang didapat dari literatur perusahaan atau laporan perusahaan dan sumber-sumber lain yang berhubungan dengan penelitian. Dalam penyelesaian masalah pada skripsi ini penulis melakukan pengambilan data antara lain :

- 1) Hasil uji proksimat
- 2) Hasil uji XRF
- 3) Deskripsi Mineragrafi
- 4) Peta geologi regional
- 5) Citra DEM (Digital Elevation Model)
- 6) Peta Croosection Penambangan

4.1.5 Pengolahan Data

Analisis data merupakan langkah yang dilakukan setelah proses pengumpulan pada data telah selesai dilakukan. Analisis data merupakan bagian yang terpenting dalam suatu metode ilmiah, karena analisis data digunakan untuk memecahkan masalah penelitian. Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data penelitian, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Setelah mendapatkan data - data yang diperlukan penulis menggunakan rumus - rumus melalui literatur yang ada untuk menganalisis data. Analisis data yang dilakukan antara lain :

1. Analisis morfologi bentuk dari mineral pirit pada seam batubara.
2. Analisis persentase mineral pirit pada pada seam batubara.

Kegiatan-kegiatan yang penulis lakukan selama melaksanakan tahapan penelitian untuk mendapatkan input hingga output adalah:

1. Input

Input berupa data awal berupa data primer. Pada penelitian ini menggunakan data primer yang didapatkan langsung dari lapangan. Data primer

yang didapatkan berupa hasil uji XRF dan deskripsi mineragrafi, data sekunder berupa peta geologi regional, citra digital elevation model (DEM), hasil uji proksimat dan peta crossection penambangan.

2. Proses

a. Persentase Kadar Abu dan Total Sulfur Batubara
Data hasil pengujian proksimat yang digunakan untuk melihat persentase kadar abu dan total sulfur dari seam batubara A2 dan C.

b. Peta Topografi

Data topografi digunakan untuk melihat jenis bentang alam yang terdapat pada lokasi penelitian.

c. Arah Sebaran Batubara

Arah dan sebaran batubara berupa arah kemiringan dan arah kemenerusan perlapisan batubara, digunakan untuk menentukan strike/dip dari batubara.

d. Uji Kandungan Unsur Yang Terdapat Pada Batubara

Jumlah serta persentase dari unsur dan senyawa yang terdapat pada seam batubara A2 dan C Pit 1 Utara Banko Barat.

3. Output

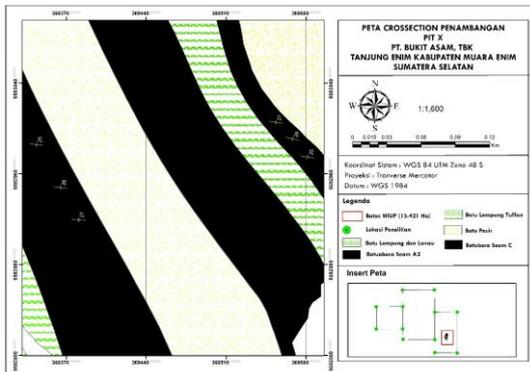
Untuk mendapatkan persentase mineral pirit yang terdapat pada Seam batubara A2 dan C, serta jenis dan morfologi mineral pirit potensi terjadinya slag pada PLTU pada pipa pembakaran batubara

5 Hasil dan Pembahasan

5.1 Hasil Penelitian

5.1.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel merupakan suatu proses pengambilan dari sebagian contoh kecil dari suatu karakteristik yang mewakili keseluruhan material. Pengambilan sampel yang dilakukan oleh penulis sendiri menggunakan metode *channel sampling* yang dilakukan pada seam A2 dan seam C, metode *channel sampling* yaitu metode sampling yang dilakukan dengan pengambilan batubara pada lapisan langsung dengan pengambilan secara keseluruhan dengan membuat torehan memanjang menurut ketebalan batubara. Lokasi titik pengambilan sampel dapat dilihat pada peta arah sebaran batubara pada gambar 7.



Gambar 7. Peta arah persebaran batubara

Pada pengambilan sampel penambangan Seam Batubara , A2 Dan C Di Pit 1 Utara Penambangan Banko Barat dilakukan dengan melihat arah sebaran batubara serta arah kemiringan batubara untuk nantinya melihat bagaimana posisi penyebaran mineral pirit dengan mengambil arah *strike* dan *dip* dengan melakukan 3 titik pada setiap seam batubara serta pengambilan titik koordinat dilapangan. Posisi arah *strike/dip* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Arah persebaran batubara dan koordinat pengambilan sampel batubara

Seam A2			
Titik Pengambilan sampel	Posisi Strike/Dip	Koordinat pengambilan sampel	
		E	N
Titik 1	N 274 ⁰ /27 ⁰ E	369338	9583193
Titik 2	N 275 ⁰ /28 ⁰ E	369336	9583199
Titik 3	N 276 ⁰ /25 ⁰ E	369331	9583205
Seam C			
Titik Pengambilan sampel	Posisi Strike/Dip	Koordinat pengambilan sampel	
		E	N
Titik 1	N 280 ⁰ /25 ⁰ E	369629	9583599
Titik 2	N 282 ⁰ /24 ⁰ E	369606	9583638
Titik 3	N 279 ⁰ /27 ⁰ E	369596	9583656

5.1.2 Hasil Uji Analisis Uji XRF

Uji Difraksi Sinar-Fluorescence digunakan untuk mendapatkan kandungan mineral dan senyawa yang terdapat pada conto batuan. Sebanyak 2 conto batubara pada seam batubara A2 dan C pada titik 2 yang berasal dari yang berasal dari lapangan dianalisa, sebelum melakukan analisa pada conto batubara, conto-conto batubara tersebut melalui tahapan

crushing (peremukan). Pada tahapan *crushing* penulis melakukan dengan menggunakan palu yang mana bertujuan untuk memperkecil ukuran batubara lebih kurang 2 cm dari semula berbentuk seperti bongkahan lebih kurang dengan diameter 15 cm.

Setelah dilakukan *crushing* pada conto batubara selanjutnya dilakukan penggerusan (*grinding*), penggerusan bertujuan untuk mengurangi ukuran partikel dari berbentuk kasar diubah menjadi lebih kecil lebih kuran 1 cm. Pada tahap *grinding* menggunakan alat Top Grinding-MN 210. Selanjutnya penulis melakukan pengayakan (*sizing*) dengan menggunakan ayakan 200 mesh, proses *sizing* bertujuan untuk penyamarataan ukuran dalam ayakan sesuai dengan yang dikehendaki sehingga partikel menjadi homogen.

Setelah dilakukan nya *sizing* selanjutnya conto batubara dibawa ke laboratorium untuk di uji XRF yang mana untuk mendapatkan unsur dan senyawa dari conto batubara. X-Ray Fluorescence (XRF) bertujuan untuk menganalisis unsur yang membentuk suatu material dengan interaksi sinar-X dengan material analit. Dalam analisis XRF dibutuhkan jumlah sampel relatif sebanyak 1 gram. Uji XRF digunakan untuk mendapatkan kandungan unsur-unsur terutama dalam batuan dan mineral, sampel yang digunakan biasanya berbentuk serbuk hasil penggilingan.

Berdasarkan hasil uji XRF pada conto Seam 2 batubara terdapat kandungan silika, besi, dan sulfur. Keterdapatn kuarsa pada conto Seam 2 batubara dikarenakan mineral ini adalah mineral paling mendominasi pada bagian kerak bumi.

1.Hasil uji XRF seam A2 Pit 1 Utara Banko Barat

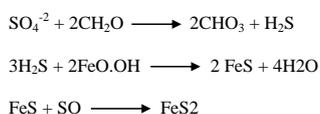
Pengujian conto seam batubara A2 dengan instrumen XRF terdeteksi adanya hasil oksidasi unsur sulfur SO3 dan Fe dengan jumlah pada SO3 pada seam A2 41.28% dan Fe 17.908%. hasil uji XRF dapat dilihat oada

Tabel 2. Hasil pengujian XRF pada seam A2

Seam A2 Pit 1 Utara Banko Barat					
Elemen		Geologi		Oksida	
Senyawa	Jumlah %	Senyawa	Jumlah %	Senyawa	Jumlah %
Al	3.312	Al2O3	4.149	Al2O3	4.137
Si	8.31	SiO2	11.162	SiO2	11.125
P	11.242	P2O5	15.054	P2O5	14.996
S	30.684	SO3	41.471	SO3	41.288
Cl	0.169	Cl	0.086	CaO	13.648
Ca	20.963	CaO	13.724	TiO2	0.462
Ti	0.638	Ti	0.279	MnO	0.078
Mn	0.143	Mn	0.061	Fe2O3	10.713
Fe	17.908	Fe2O3	10.781	ZnO	0.03
Zn	0.062	Zn	0.025	SrO	0.074
Sr	0.162	Sr	0.063	Ag2O	3.319
Ag	6.314	Ag	3.106	BaO	0.015
Ba	0.034	Ba	0.013	Eu2O3	0.027
Eu	0.052	Eu	0.023	Cl	0.085
Re	0.005	Re	0.002	Re	0.002

Berdasarkan hasil uji XRF pada seam A2 menunjukkan adanya keterdapatannya senyawa SO2 yang dapat bereaksi dengan unsur Fe yang akan membentuk mineral pirit secara ganesa berupa Pirit epigenetik, yaitu pirit yang terbentuk setelah proses pematubaraan. Pirit jenis ini biasanya terendapkan dalam kekar dan rekahan pada batubara serta biasanya bersifat masif. (Mackowsky, 1968; Gluskoter, 1977; Frankie dan Howe, 1987). Pirit masif, pirit masif merupakan mineral pirit yang dibentuk oleh hasil sulfur organik yang berasal dari hasil senyawa sulfur yang terikat dalam rantai hidrokarbon material organik.

Berikut adalah hasil persamaan reaksi:



Hal ini juga dibuktikan dari hasil pengujian proksimat pada seam A2 pit 1 utara Banko Barat yang menunjukkan hasil pengujian total sulfur kurang dari 1%. Berikut hasil pengujian proksimat pada seam A2 pit 1 utara Banko Barat:

Tabel 3. Hasil Uji Proksimat Seam A2 Pit 1 Utara Banko Barat

Kode Conto Batubara	Total Sulfur (%)	Kadar Abu (%)	Volatille Matter (%)	Fixed Carbon (%)	Inherent Moisture (%)
Seam A2	0.204	1.36	35.44	37.24	13.48

2. Hasil uji XRF seam C Pit 1 Utara Banko Barat

Pengujian contoh seam batubara dengan instrumen XRF terdeteksi adanya hasil oksidasi unsur sulfur SO3 dan Fe dengan jumlah pada SO3 pada seam C 75.838% dan Fe 8.026%.

Tabel 4. Hasil Pengujian XRF Pada Seam C

Seam C Pit 1 Utara Banko Barat					
Elemen		Geologi		Oksida	
Senyawa	Jumlah %	Senyawa	Jumlah %	Senyawa	Jumlah %
Al	2.811	Al2O3	3.489	Al2O3	3.485
Si	2.291	SiO2	2.976	SiO2	2.973
P	5.092	P2O5	6.394	P2O5	6.384
S	66.51	SO3	75.838	SO3	75.702
Ca	11.035	CaO	5.749	CaO	5.736
Ti	0.24	Ti	0.085	TiO2	0.141
Mn	0.031	Mn	0.011	MnO	0.014
Fe	8.026	Fe2O3	3.941	Fe2O3	3.931
Zn	0.03	Zn	0.01	ZnO	0.012
Sr	0.085	Sr	0.027	SrO	0.032
Zr	0.023	Zr	0.008	ZrO2	0.01
Ag	3.743	Ag	1.444	Ag2O	1.547
Ba	0.053	Ba	0.018	BaO	0.02
Eu	0.029	Eu	0.01	Eu2O3	0.012
Re	0.002	Re	0.001	Re	0.001

Berdasarkan hasil uji XRF pada seam C menunjukkan adanya keterdapatannya senyawa SO3 yang dapat bereaksi dengan unsur Fe yang akan membentuk mineral pirit secara ganesa berupa Pirit Syngenetik, yaitu pirit yang terbentuk setelah proses penggabutan. Pirit jenis ini biasanya berbentuk *framboidal* dengan butiran sangat halus dan tersebar dalam material pembentuk batubara (Demchuk, 1992). Pirit frambodial, pirit frambodial merupakan mineral pirit yang dibentuk oleh hasil sulfur anorganik yang berasal dari pengaruh endapan lautan pada saat penggabutan pada batubara.

Berikut hasil pengujian proksimat pada seam A2 pit 1 utara Banko Barat:

Tabel 5. Hasil Uji Proksimat Seam A2 Pit 1 Utara Banko Barat

Kode Conto Batubara	Total Sulfur (%)	Kadar Abu (%)	Volatille Matter (%)	Fixed Carbon (%)	Inherent Moisture (%)
Seam C	1.664	2.26	34.7	38.94	10.8

5.1.3 Karakteristik Mineral Pirit Berdasarkan Hasil Uji Mikroskop Optik

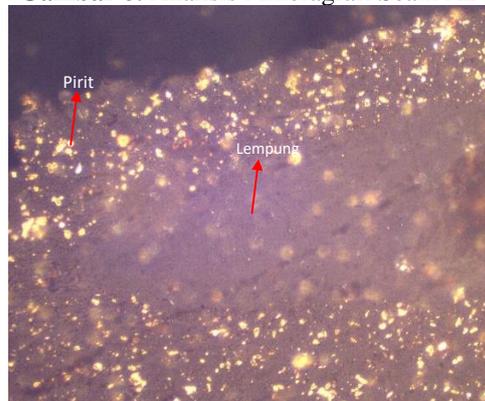
Pengujian ini dilakukan untuk mendukung hasil uji analisis XRF, sampel batuan yang disayat digunakan untuk dianalisis secara mikroskopis menggunakan mikroskop polarisasi infinity 2 analyze lumenera. untuk mengetahui komposisi

dan perilaku-perilaku mineral penyusun batuan, karena tidak dapat dideskripsi secara megaskopis.

Pada pengujian sampel sayatan batubara pada seam A2 dan C penulis melakukan analisis dengan 6 sayatan sampel batubara. Berikut gambar analisis batubara pada seam A2 dan C:



Gambar 8. Analisis Mineragrafi Seam A2



Gambar 9. Analisa Mineragrafi Seam C

5.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil uji XRF pada seam A2 menunjukkan adanya keterdapatannya senyawa SO_2 yang dapat bereaksi dengan unsur Fe yang akan membentuk mineral pirit secara ganesa berupa Pirit epigenetik, yaitu pirit yang terbentuk setelah proses pembatubaraan. Pirit jenis ini biasanya terendapkan dalam kekar dan rekahan pada batubara serta biasanya bersifat masif. (Mackowsky, 1968; Gluskoter, 1977; Frankie dan Howe, 1987). Pirit masif, pirit masif merupakan mineral pirit yang dibentuk oleh hasil sulfur organik yang berasal dari hasil senyawa sulfur yang terikat dalam rantai hidrokarbon material organik. Hal ini juga dibuktikan dari hasil pengujian proksimat pada seam A2 pit 1 utara Banko Barat yang menunjukkan hasil pengujian total sulfur kurang dari 1%.

Berdasarkan hasil uji XRF pada seam C menunjukkan adanya keterdapatannya senyawa SO_3 yang dapat bereaksi dengan unsur Fe yang akan

membentuk mineral pirit secara ganesa berupa Pirit Syngenetik, yaitu pirit yang terbentuk setelah proses penggabungan. Pirit jenis ini biasanya berbentuk framboidal dengan butiran sangat halus dan tersebar dalam material pembentuk batubara (Demchuk, 1992). Pirit framboidal, pirit framboidal merupakan mineral pirit yang dibentuk oleh hasil sulfur anorganik yang berasal dari pengaruh endapan lautan pada saat penggabungan pada batubara.

Pirit framboidal berasosiasi dengan batuan penutup yang terendapkan pada lingkungan laut sampai payau. Gambut yang mengandung sulfur tinggi (dalam bentuk pirit framboidal) terbentuk pada lingkungan pengendapan yang dipengaruhi oleh transgresi air laut atau payau, kecuali apabila terdapat dalam batuan sedimen yang cukup tebal dan terendapkan sebelum fase transgresi (Taylor dkk, 1998). Hal ini juga dibuktikan dari hasil pengujian proksimat pada seam C pit 1 utara Banko Barat yang menunjukkan hasil pengujian total sulfur lebih dari 1% yang mana hal ini membuktikan adanya pengaruh dari pengendapan dari air laut pada seam C Pit 1 Banko Barat.

Berdasarkan hasil analisis mikroskopis yang dilakukan pada seam batubara seam A2 dan C terdapat perbedaan jenis mineral pirit yang diamati, secara pengamatan yang penulis lakukan pada seam batubara A2 terdapat jenis mineral pirit berupa pirit epigenetik. Istilah pada pirit epigenetik terdapat pada rekahan yang terdapat pada batubara, dimana mineral pirit sebagai pengisi pada rekahan.

Pada pengamatan mineragrafi batubara seam C yang penulis lakukan pada seam batubara C terdapat jenis mineral pirit sygenetic. Bentuk pirit framboidal tergolong sebagai pirit dengan karakter sygenetic. Kortenski and Kostova (1996) juga menjelaskan kemungkinan piritisasi lainnya berasal dari jenis bakteri yang mungkin hidup berdampingan dengan bakteri pemetabolisme belerang dan mendukung dekomposisi dan asimilasi pada jaringan tanaman. Dalam beberapa teori juga menyebutkan bahwasannya pirit framboidal juga dihasilkan dari larutan mineral dan bahan. Jenis mineral pirit framboidal memiliki kristal yang halus sehingga sangat rentan dan cepat bereaksi sehingga diyakini dapat menyebabkan slag pada saat pembakaran pada PLTU Batubara.

5.3 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat di tarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis XRF didapatkan nilai SO_2 dan Fe pada seam A2 41.417% dan Fe 17.908% pada seam A2 menunjukkan adanya keterdapatannya senyawa

SO₂ yang dapat bereaksi dengan unsur Fe yang akan membentuk mineral pirit secara ganesa berupa Pirit epigenetik, yaitu pirit yang terbentuk setelah proses pembatubaraan. Pirit jenis ini biasanya terendapkan dalam kekar dan rekahan pada batubara serta biasanya bersifat masif. Hasil uji XRF pada seam C didapatkan nilai SO₂ dan Fe 75.838% dan Fe 8.026%. pada seam C menunjukkan adanya keterdapatannya senyawa SO₂ yang dapat bereaksi dengan unsur Fe yang akan membentuk mineral pirit secara ganesa berupa Pirit Syngenetik, yaitu pirit yang terbentuk setelah proses penggabutan. Pirit jenis ini biasanya berbentuk framboidal dengan butiran sangat halus dan tersebar dalam material pembentuk batubara.

2. Berdasarkan hasil analisis mikroskopis yang dilakukan pada seam batubara seam A2 dan C terdapat perbedaan jenis mineral pirit yang diamati, secara pengamatan yang penulis lakukan pada seam batubara A2 terdapat jenis mineral pirit berupa pirit epigenetik. Istilah pada pirit epigenetik terdapat pada rekahan yang terdapat pada batubara, dimana mineral pirit sebagai pengisi pada rekahan. Pengamatan mineragrafi batubara seam C yang penulis lakukan pada seam batubara C terdapat jenis mineral pirit *syngenetic*. Bentuk pirit framboidal tergolong sebagai pirit dengan karakter *syngenetic*. Jenis mineral pirit framboidal memiliki kristal yang halus sehingga sangat rentan dan cepat bereaksi sehingga diyakini dapat menyebabkan *slag* pada saat pembakaran pada PLTU Batubara.

5.4 Saran

1. Untuk penelitian ini diharapkan menambah lebih banyak sampel dari seam-seam yang ada pada lokasi penelitian sehingga mendapatkan data yang lebih beragam dan representatif.
2. Untuk penelitian lanjutan dengan penambahan lebih banyak sampel dari penelitian ini pada lokasi yang sama ataupun di lokasi lainnya maka akan sangat membantu dalam penentuan jenis dan morfologi mineral pirit batubara.

Daftar Pustaka

- [1] Annisa, A. (2016). Pengaruh Mineral Sekunder Sulfat Hasil Oksidasi Pirit Terhadap Nilai Total Sulfur Pasda Batubara Formasi Haloq dan Serpih Karbonan Formasi Batuayau Cekungan Kutai Atas. *PROMINE*, 4(2).
- [2] Bustin R.M., 1989, Coal Petrology: Its Principles, Methods, and Applications, Geological Association of Canada, (Reprint Edition).
- [3] Casagrande, D.J., 1987. Sulphur in peat and coal. In: Scott, AC (editor), Coal and Coal-Bearing Strata: Recent Advances. Geological Society Special Publication, Vol. 32.
- [4] Deng, J., Ma, X., Zhang, Y., Li, Y., & Zhu, W. (2015). Effects of pyrite on the spontaneous combustion of coal. *International Journal of Coal Science & Technology*, 2(4), 306-311.
- [5] Demchuk, T.D., 1992. Epigenetic pyrite in a low-sulphur, sub-bituminous coal from the central Alberta Plains. *International Journal of Coal Geology*, vol. 21, pp. 187-196.
- [6] Diesel C.F.K., 1992, Coal Bearing Depositional System, Springer Verlag, Berlin. P.137-158.
- [7] 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.
- [8] Frankie, K. A., & Hower, J. C. (1987). Variation in pyrite size, form, and microlithotype association in the Springfield (No. 9) and Herrin (No. 11) coals, western Kentucky. *International Journal of Coal Geology*, 7(4), 349-364.
- [9] Kasmiani, K., Widodo, S. W. S., & Bakri, H. B. H. (2018). Analisis Potensi Air Asam Tambang pada Batuan Pengapit Batubara di Salopuru Berdasarkan Karakteristik Geokimia. *Jurnal Geomine*, 6(3), 138-143.
- [10] Kortenski, J., & Kostova, I. (1996). Occurrence and morphology of pyrite in Bulgarian coals. *International Journal of Coal Geology*, 29(4), 273-290.
- [11] Nursanto, E., Idrus, A., Amijaya, D. H., & Pramumijoyo, S. (2011). Keterdapatannya dan Tipe Mineral Pada Batubara Serta Metode Analisisnya. *Jurnal Teknologi Technoscintia*, 1-10.
- [12] Pamekas, S. F., & Nurdrajat, R. M. G. G. (2019). Kerangka Sekuen Pengendapan Batubara Berdasarkan Analisis Nilai Sulfur Dan Kadar Abu Daerah Bentarsari, Kecamatan Salem, Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah. *Geoscience Journal*, 3(4), 281-286.