

Batulempung Karbonan dan Aspek Lingkungannya Terhadap Tambang Batubara

Basuki Rahmad^{1, a)}, Sugeng²⁾, Ediyanto³⁾, M.Ocky Bayu Nugroho⁴⁾

^{1), 2), 3), 4)} Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

^{a)} Corresponding author: basukirahmad@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Salah satu aspek lingkungan yang perlu diwaspadai di tambang batubara adalah batulempung karbonan yang mengandung bahan organik merupakan substansi padat mengandung karbon organik (C_{org}) salah satunya adalah Hidrogen Sulfida (H_2S) sebagai asam organik. Hidrogen Sulfida (H_2S) dihasilkan di kondisi anoxic, lingkungan asam dan pH rendah. Pada kondisi tersebut asam organik akan terakumulasi yang salah satunya membentuk hidrogen sulfide (H_2S). Hidrogen sulfida (H_2S) mengandung mineral Goetite ($FeOOH$) jika mengalami oksidasi menyebabkan ion *Ferric* (Fe^3) akan tereduksi menjadi ion *Ferrous Iron* (Fe^2). Penelitian ini akan membahas karakteristik genetik batuan sedimen organik khususnya batulempung karbonan dan dampak lingkungannya di area pertambangan batubara yaitu air asam tambang. Lobang galian besar akibat penggalian tanah penutup menyebabkan H_2S dalam batulempung karbonan mengalami oksidasi karena kontak dengan udara/oksigen, sedangkan air hujan akan menggenangi lobang galian tambang tersebut. Proses oksidasi dan genangan air (H_2O) dikhawatirkan berpotensi terjadinya air asam tambang yang dapat mencemari air permukaan. Oleh karena itu lobang galian tambang harus selalu dijaga tetap kering.

Metoda penanganan air asam tambang adalah dengan menambahkan Batugamping ($CaCO_3$) guna menaikkan pH air asam tambang serta dapat mengurangi kadar Fe.

Kata Kunci : Asam; Batulempung karbonan; H_2O ; H_2S ; Oksidasi.

ABSTRACT

One of the environmental aspects that need to be watched out for in coal mines is carbonaceous claystone which contains organic matter which is a solid substance containing organic carbon (C_{org}), one of which is Hydrogen Sulfide (H_2S) as an organic acid. Hydrogen Sulfide (H_2S) is produced under anoxic conditions, acidic environment and low pH. Under these conditions, organic acids will accumulate, one of which will form hydrogen sulfide (H_2S). Hydrogen sulfide (H_2S) contains the mineral Goetite ($FeOOH$) if it is oxidized it causes Ferric ions (Fe^3) to be reduced to Ferrous Iron (Fe^2) ions. The research will discuss the genetic characteristics of organic sedimentary rocks, especially carbonaceous claystones and it's environmental impacts in coal mining areas as mine acid drain. Large pits due to excavation of overburden cause H_2S in carbonated claystones to oxidize due to contact with air/oxygen, while rainwater will inundate the mine pits. The oxidation process and waterlogging (H_2O) are feared to have the potential for acid mine water to contaminate surface water. Therefore, mine pits must always be kept dry. The method of handling acid mine drainage is to add limestone ($CaCO_3$) to increase the pH of acid mine water and reduce Fe contains.

Keywords: Acid; Carbonaceous claystone; H_2O ; H_2S ; Oxidation.

PENDAHULUAN

Penelitian ini akan membahas batuan sedimen organik khususnya batubara dan batulempung karbonan serta implikasinya terhadap tambang batubara. Hal ini penting karena batubara dan batulempung karbonan mengandung bahan organik khususnya karbon organik dan secara genesa diendapkan pada kondisi lingkungan anaerob. Pada kondisi anaerob maka yang terjadi adalah aktifitas bakteri yang dapat menghasilkan senyawa-senyawa organik salah satunya adalah hidrogen sulfida (H_2S) serta ion besi yang sangat reaktif ketika terjadi oksidasi dan bercampur air (H_2O).

Penelitian ini berasal langsung dari hasil penelitian penulis yang selama ini banyak meneliti tentang batubara, shale, gambut dan batulempung karbonan di daerah Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Sumatera Selatan dan Sumatera Barat. Data penelitian berdasarkan pengamatan di singkapan langsung di lapangan dengan cara mengambil beberapa sampel yang dibutuhkan untuk analisa laboratorium, salah satunya adalah analisis mikroskopis untuk pengamatan sulfur pirit.

Bahan organik dipahami sebagai sebuah substansi padat yang mengandung karbon organik (C_{organik}). Karbonat bahan organik tersebut tidak diuraikan dengan hal ini, baik minyak tanah dan gas alami, keduanya berasal dari bahan organik yaitu bahan yang mengandung karbon' dan bentuk lain kadang-kadang bahkan digunakan bahan organik (Mc Lane, 1995).

Kebanyakan bahan organik dalam sebuah batulempung karbonan atau batubara dilambangkan dengan hitam atau berwarna gelap, sisa tumbuhan atau hewan yang hidup pada waktu bebatuan diendapkan. Banyak bebatuan sedimen mengandung jumlah kecil dari bahan organik, dan banyak bebatuan yang relatif terutama lapisan batubara terbuat hampir secara keseluruhan dari bahan organik. Dua kebutuhan utama yang harus ditemukan untuk bebatuan yang mengandung karbon untuk bisa membentuknya yaitu: pertama, harus ada sumber bahan organik yang tersedia pada waktu bebatuan diendapkan dan, kedua, kebanyakan bahan organik tersebut harus diawetkan selama proses pengendapan, diagenesis dan metamorfosis. Batubara terbentuk dari gambut terakumulasi secara insitu dari sisa-sisa tumbuhan yang terawetkan (preservasi) atau teroksidasi (oksidasi) secara lambat serta adanya perubahan oleh bakteri. Sisa-sisa tumbuhan tersebut terendam di air yang tenang sebagai endapan gambut. Adanya unsur pH dan eH rendah, sangat dibutuhkan untuk pengawetan unsur organik di lingkungan pengendapannya, menuju derajat yang lebih tinggi, lingkungan kimiawi menyebabkan menurunnya derajat unsur tumbuhan sehingga bisa terawetkan dengan baik (Mc Lane, 1995).

Jumlah bakteri pembusuk dari sisa-sisa tumbuhan terendam di air menyebabkan lingkungannya menjadi kondisi *anoxic* berkurangnya nilai pH hingga rendah menjadikannya sebagai *tannic acids* (asam *tannic*), sedangkan asam organik lainnya akan hilang di dalam air berupa akumulasi biogenic H_2S dan CO_2 (Diessel, 1992)

Kehadiran H_2S dalam batubara dan batulempung akan teroksidasi ketika dengan udara sehingga menghasilkan ion besi oksida (ion Fe) dan jika terendam air (air hujan) maka akan berpotensi untuk terjadinya air asam tambang (*potential acid forming*); (dalam Selinawati, T.D., 2006). Penelitian lebih difokuskan pada karakteristik ion Fe dalam sulfur pyritik dilihat dari sisi mikroskopis serta cara penanganannya.

METODE

Metodologi penelitian ini adalah berdasarkan fakta di lapangan dengan cara mengumpulkan data sampel batubara dan batulempung karbonan dari singkapan lapangan di Sumatera dan Kalimantan. Sampel batubara dan batulempung selanjutnya dipreparasi laboratorium untuk dibuat sayatan poles dan selanjutnya diamati karakter mikroskopis sulfur pirit. Tahapan pengamatan mikroskopis adalah sebagai berikut:

Analisis mikroskopis batubara dan batulempung untuk mengidentifikasi sulfur pyritik (Stach et al., 1982). Dalam preparasi conto diperlukan beberapa alat dan bahan seperti:

1. Sampel batubara
2. Bubuk resin (*transoptic powder*)
3. Alat penumbuk
4. Ayakan ukuran 16, 20, dan 65 mesh
5. Cetakan *polished briquette*, pemanas, termometer, dan penekan
6. Alat pemoles (*grinder-polisher*)
7. *Silicon carbide* ukuran 800 dan 1000 mesh dan alumina oxide ukuran 0,3; 0,05; dan 0,01 mikron
8. Kaca preparat dan lilin malam

Sampel batulempung karbonan dan batubara hasil sampling dari singkapan selanjutnya direduksi secara coning and quartering untuk mendapatkan jumlah contoh yang sesuai untuk kebutuhan analisis. Selanjutnya contoh batubara digerus secara manual dan diayak dengan menggunakan ayakan ukuran 16 mesh dan 20 mesh, fraksi ukuran butiran batubara -16 mesh +20 mesh yang diperoleh digunakan untuk analisis mikroskopis.

Batulempung karbonan dan batubara dengan fraksi ukuran -16 mesh +20 mesh selanjutnya diaduk dengan bubuk resin (*transoptic powder*) perbandingan 1:1, selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan dan dipanaskan sampai dengan suhu 200°C. Ketika suhu 200°C pemanas dimatikan dan cetakan diberi tekanan sampai 2000 psi. Cetakan *briquette* dapat dikeluarkan setelah temperatur mencapai suhu kamar. Langkah selanjutnya pemolesan *briquette* diawali pemotongan dengan alat pemoles (*grinder-polisher*) selanjutnya dihaluskan dengan *silicon carbide* ukuran 800 mesh dan 1000 mesh di atas permukaan kaca. Kemudian dipoles dengan menggunakan *alumina oxide* ukuran 0,3 mikron, 0,05 mikron, terakhir ukuran 0,01 mikron di atas kain sutera atau *silk cloth*. Sayatan poles yang dihasilkan diletakkan di atas kaca preparat dengan dudukan lilin malam kemudian dilakukan *levelling*.

Pengamatan sayatan poles dilakukan dengan menggunakan mikroskop reflektan baik secara kualitatif maupun kuantitatif untuk menentukan kandungan maseral maupun mineral dalam batubara. Penelitian mikroskopik menggunakan sinar pantul dengan pembesaran 200 kali dengan pengamatan sebanyak 500 titik. Proses analisis dilaksanakan di Laboratorium Petrografi Batubara, Puslitbang tekMIRA, Bandung. Klasifikasi Maseral Batubara menggunakan standar Australia (AS 2856, 1986) dan mikroskop yang digunakan adalah *Microscope Spectrophotometer Polarization with Fluorescence*, tipe: MPM 100, merk : Zeiss.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan singkapan lapangan dari beberapa tambang batubara, maka batulempung karbonan selalu berasosiasi dengan keberadaan lapisan batubara (Gambar 1):



Gambar 1. Dinding tambang batubara memperlihatkan sedimen pengapit batubara adalah batulempung karbonan

Galian tambang batubara bekas penambangan terlihat tergenang oleh air hujan (Gambar 2).



Gambar 2. Batulempung karbonan yang tergenang air hujan di galian bekas tambang batubara terbuka

Ketika batulempung karbonan kontak dengan udara akan terjadi oksidasi kemudian ketika tergenang air hujan maka batulempung karbonan akan melepaskan ion Fe yang berasal dari H_2S . Ion Fe nampak jelas (Gambar 3) ketika genangan air di bekas galian tambang tersebut disedot dengan pompa untuk ditampung di kolam penjernihan (Gambar 4) yang selanjutnya diproses dicampur atau ditambah batugamping ($CaCO_3$) untuk ditingkatkan pH mendekati netral. Selesai diproses ketika pH normal maka air dalam kolam penjernihan dibuang dialirkan ke sungai terdekat.

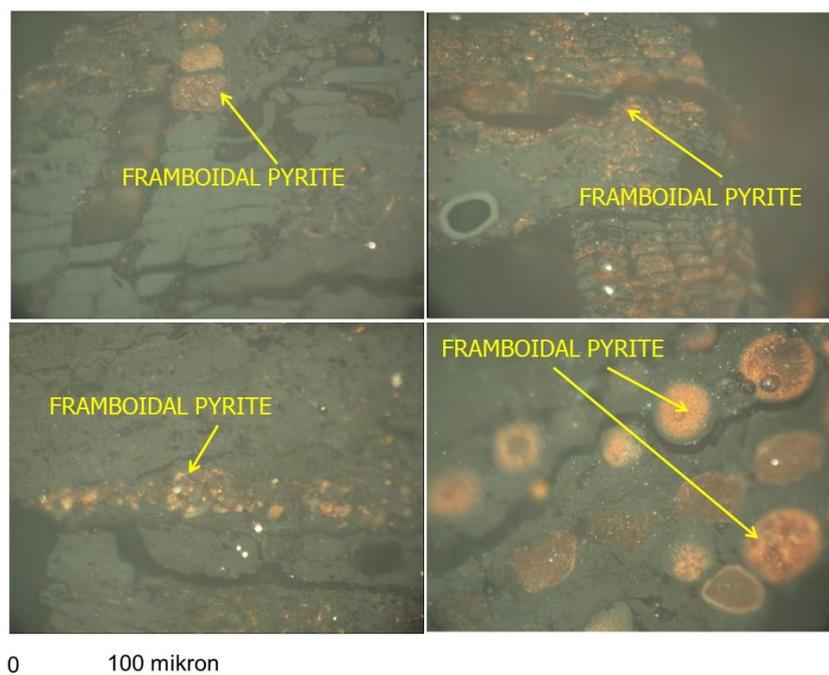


Gambar 3. Kenampakan unsur besi (Fe) hasil genangan air hujan



Gambar 4. Kolam air penjernihan yang berasal dari genangan air bekas galian tambang setelah ditambah atau dicampur batugamping (CaCO_3)

Ion besi (Fe) yang berasal dari H_2S , setelah dianalisis dari hasil pengamatan mikroskopis terlihat jenis sulfur pyrite yang terdapat dalam batubara dan batulempung karbonan secara umum adalah framboidal pyrite terlihat membentuk koloni (Stach et al., 1982); (Gambar 5)



Gambar 5. Kenampakan mikroskopis framboidal pyritik sulfur pada batubara dan batulempung karbonan

Kandungan sulfur berupa pyrite atau marcasite, secara umum berasosiasi dengan lingkungan pembentuk *peat marine* berupa framboidal pyritik (Gambar 5). Nilai pH yang rendah pada *freshwater* di lingkungan pembentuk peat atau gambut merupakan petunjuk kandungan sulfur rendah dan abu rendah. Secara kimiawi kandungan sulfur secara vertikal di lapisan gambut secara berurutan bisa bervariasi, sedangkan secara lateral kandungan sulfur juga bisa bervariasi, hal ini akan mencerminkan lingkungan pembentuk gambut atau batubara (Suits and Arthur, 2000).

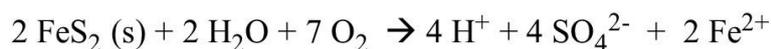
Jenis sulfur piritik dalam batubara dan batulempung organik (Gambar 5) bisa berupa sulfur organik dan sulfur anorganik. Sulfur organik merupakan senyawa sulfur yang terikat dalam rantai hidrokarbon material organik, sedangkan sulfur anorganik ditemukan dalam bentuk senyawa sulfida (piritik) dan sulfat yang mengandung ion FeOOH (Goetite). Secara umum sulfida atau sulfat yang ada dalam batubara dan batulempung karbonan berasal dari sedimen marine kemudian direduksi oleh senyawa karbon organik menjadi hydrogen sulfide (H₂S), selanjutnya dioksidasi oleh *Goetite* (FeOOH) atau *hydrogen sulfide* (H₂S) dan direduksi *ferric iron* (Fe³⁺) menjadi *ferrous iron* (Fe²⁺) (Suits and Arthur, 2000).

Oksigen bisa menembus zona anaerob kemudian mengoksidasi *hydrogen sulfide* (H₂S) menjadi sulfur (S₀). Oksida sulfur dapat berlangsung dengan media *ferric iron*. Unsur sulfur juga bereaksi dengan sulfida membentuk *polysulfide* (SSn), selanjutnya bereaksi dengan FeS atau Fe₃S₄ untuk proses pembentukan pirit. Unsur sulfur atau *polysulfide* juga bisa bereaksi dengan komponen organik batubara atau batulempung karbonan membentuk senyawa sulfur organik. Kristal pirit muncul dalam bentuk octahedron euhedral (10-20 *micro meter*). Umumnya berkelompok atau membentuk lapisan yang mengisi permukaan *cleat*. Pirit terbentuk dari hasil reduksi sulfur oleh air tanah mengandung ion besi, bentuk pirit umumnya framboidal (Gambar 5).

Unsur sulfur bisa bereaksi dengan sulfida membentuk larutan *polysulfide* (SSn) kemudian bereaksi dengan FeS atau Fe₃S₄ membentuk pirit. Proses terbentuknya sulfur piritik sangat dipengaruhi oleh kondisi pH. Lingkungan dengan pH tinggi karena pengaruh air laut dapat menghasilkan jenis pirit framboidal (Gambar 5); (Diessel, 1992). Sebaliknya, jika lingkungan dengan pH rendah maka sulit terjadi pengkayaan sulfur. Dalam suasana basa, reaksi menjadi semakin cepat dan banyak ion besi yg lepas. Unsur sulfur atau *polysulfide* bereaksi dengan komponen organik membentuk sulfur organik.

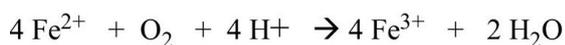
Kondisi tersingkapnya batulempung karbonan yang mengandung sulfida ke udara dan air dapat menyebabkan terjadinya oksidasi secara alami dari mineral sulfida yang memiliki pH rendah. Akibat oksidasi tersebut dikhawatirkan akan menghasilkan air yang memiliki pH rendah yang bisa berpotensi melarutkan logam-logam berat dari batuan yang dilewatinya menghasilkan air asam tambang atau *acid mine drainage* (AMD). Namun demikian, tidak semua kegiatan yang menyebabkan tereksposnya batuan sedimen organik ke udara dan air yang mengandung sulfida menimbulkan dapat *Acid Mine Drainage* (AMD), jikalau tidak terbentuk mineral sulfida tidak reaktif, batuannya mengandung cukup mineral bersifat basa sebagai penetral asam yang terbentuk, berada di iklim kering dan infiltrasi air hujan tidak cukup untuk membentuk AMD (Sumber: Selinawati, 2006).

Acid mine drainage terjadi melalui reaksi sebagai berikut:



S₂²⁻ dioksidasi menjadi ion hydrogen dan sulfat, dan garam-garam sulfat dalam larutan seperti ion fero yang akan bereaksi lebih lanjut.

Oksidasi ion fero menjadi ion feri terjadi dengan kecepatan lebih lambat pada pH yang lebih rendah yaitu :

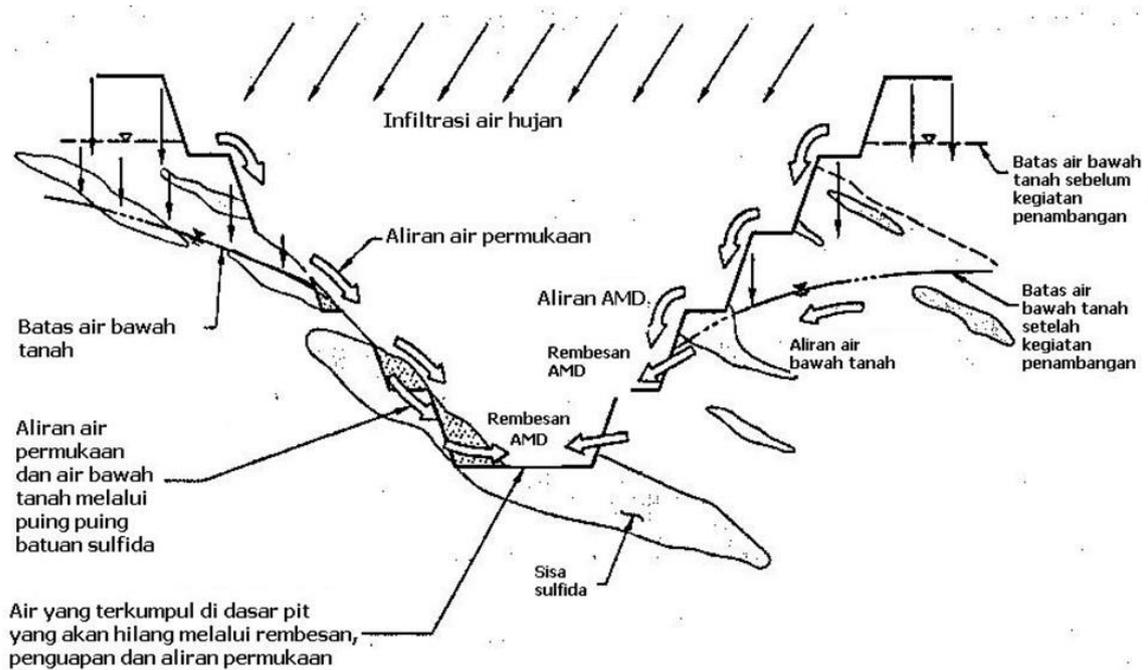


Beberapa mineral sulfida pembentuk air asam tambang/*acid mine drainage* (Table 1) (Sumber: Selinawati, 2006)

Tabel 1. Mineral sulfida pembentuk air asam tambang (Selinawati, 2006)

Mineral	Komposisi
Pyrite (coal)	FeS ₂
Marcasite (coal)	FeS ₂
Chalcopyrite	Cu FeS ₂
Chalcocite	Cu ₂ S
Sphalerite	ZnS
Galena	PbS
Millerite	NiS
Pyrrhotite	Fe _{1-x} S (dimana 0<x<0.2)
Arsenopyrite	FeAsS
Cinnabar	HgS

Konsep pembentukan air asam tambang dapat digambarkan sebagai berikut (Gambar 6):



Gambar 6. Konsep pembentukan air asam tambang di tambang batubara terbuka (Sumber: Selinawati, 2006)

KESIMPULAN

- Batulempung karbonan, batubara merupakan batuan sedimen yang mengandung karbon organik dimana didalamnya terdapat unsur sulfida, mengandung mineral pyrite (FeS_2)
- Sulfida atau sulfat yang ada dalam batubara dan batulempung karbonan berasal dari sedimen marine kemudian direduksi oleh senyawa karbon organik menjadi hydrogen sulfida (H_2S) berbentuk framboidal pyrite dan memiliki pH rendah.
- Sulfida yang tersingkap oleh udara dan air akan menghasilkan oksidasi secara alami yang berpotensi terjadinya air asam tambang pada pH rendah.
- Penambahan CaCO_3 merupakan metode untuk meningkatkan pH air mendekati normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Diessel, C.F.K., 1992. *Coal Bearing Depositional Systems*. Springer-Verlag.
- Mc Lane, M., 1995. *Sedimentology*. New York. Oxford University Press.
- Selinawati, T.D., 2006. Materi Kursus Prosedur Prediksi Pembentukan Air Asam Tambang. Badan Litbang Energi dan Sumber Daya Mineral. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Suits, S.N. & Arthur, M.A., 2000. Sulphur Diagenesis and Partitioning in Holocene Peru Shelf and Upper Slope Sediments, *Chemical Geology, Isotope Geoscience*, Elsevier.
- Stach, E., Mackowsky, M., Th., Teichmuller, M., Tailor, G.H., Chandra, D. & Techmuller,R., 1982. *Stach's Textbook of Coal Petrology 3th edition*. Gebr. Borntraeger, Berlin-Stuttgart.