

Artikel Riset

Potensi Pembentukan Air Asam Tambang Pada PIT 3000, Blok Toraja, PT Trubaindo Coal Mining Berdasarkan Studi Karakteristik Geokimia dan Mineralogi Batuan *Overburden* dan *Underburden*

Tri Winarno^{1*}, Rinal Khaidar Ali¹, Wesly Rambu Langit¹

¹Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

* Penulis korespondensi, e-mail: trwingeo@gmail.com

Abstrak

Penambangan batubara di Indonesia kebanyakan dilakukan dengan sistem tambang terbuka, yang menyebabkan batuan yang ada pada lokasi penambangan tersingkap ke permukaan, sehingga mudah bereaksi dengan udara dan air. Tingginya kandungan mineral sulfida seperti pirit dan markasit pada lokasi pertambangan batubara, berpotensi menghasilkan asam tambang. Air asam tambang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan yang menjadi ancaman bagi ekosistem air dan tanah dengan meningkatkan konsentrasi logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan mineral pada lapisan batuan *overburden* dan untuk mendeterminasi jenis mineral sulfida pembentuk asam tambang. Metode yang digunakan adalah penyelidikan lapangan, analisis mineralogi, geokimia dan pengukuran stratigrafi terukur untuk mengevaluasi kandungan mineralogi dan karakteristik geokimia pada batuan *overburden* dan *underburden* lapisan batubara Pit 3000. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batuan *overburden* tersusun oleh batulempung dengan ketebalan berkisar 1,60 m – 5,15 m, sedangkan batuan *underburden* dicirikan oleh litologi yang beragam seperti batulempung, batulanau dan batupasir dengan ketebalan berkisar 0,20 m – 4,50 m. Berdasarkan analisis geokimia pada 18 sampel batuan *overburden*, diketahui bahwa lapisan *overburden* memiliki karakteristik yang didominasi oleh batuan *Non Acid Forming* (NAF) dengan 83% NAF, 11% *Potential Acid Forming* (PAF) dan 6% *uncertain*. Karakteristik lapisan *underburden* didominasi oleh batuan PAF dengan 45% PAF, 19% NAF dan 36% *uncertain*.

Kata kunci : Tambang batubara; air asam tambang; mineralogi; geokimia

Abstract

Coal mining in Indonesia is mostly applied by an open pit system which causes the rocks in the mining location to be exposed to the surface, so that it will be easy to react with air and water directly. The high content of sulphide minerals such as pyrite and marcasite in coal mining site, has the potential to produce mine acid water. Mine acid water causes environmental pollution and a threat to aquatic and soil ecosystems by increasing the concentration of other heavy metal ions. This study aims to identify the mineral content of the overburden rock layers to determine the type of sulfide minerals forming acid mine

and neutralizing minerals in rocks. The methods used in this study are field investigations, mineralogical content analysis, geochemical characteristics and measured stratigraphic to evaluate mineralogical content, geochemical characteristics and depositional environmental facies of overburden and underburden rocks from the Pit 3000 coal seam. The results showed that overburden rocks were composed by claystone with the thickness ranges 1.60 m – 5.15 m, whereas underburden rocks are characterized by diverse lithology such as claystone, siltstone and sandstone with the thickness ranges from 0.20 m – 4.50 m. Based on geochemical analysis on 18 overburden rock samples, it is known that overburden layers have characteristics that are dominated by Non Acid Forming (NAF) rocks with 83% NAF, 11% Potential Acid Forming (PAF) and 6% uncertain. The characteristics of the underburden layer are dominated by PAF rocks with 45% PAF, 19% NAF and 36% uncertain.

Keywords: Coal mine; mine acid water; mineralogy; geochemistry

1. Pendahuluan

Penambangan batubara di Indonesia kebanyakan dilakukan dengan sistem tambang terbuka (*open pit*). Sistem penambangan ini menyebabkan batuan yang ada pada lokasi penambangan tersingkap ke permukaan, sehingga akan mudah bereaksi dengan udara dan air secara langsung (Kasmiani dkk., 2018). Tingginya kandungan mineral sulfida seperti pirit dan markasit pada batubara dan batuan penutup serta batuan dasar pada lokasi pertambangan sangat berpotensi menghasilkan asam tambang (Said, 2014). Air asam tambang adalah air yang mempunyai sifat asam yang terbentuk di lokasi penambangan dengan pH yang rendah ($\text{pH} < 4,5$) sebagai akibat dari dibukanya suatu potensi keasaman batuan di lokasi tambang sehingga menimbulkan permasalahan terhadap kualitas air dan tanah (Gautama dan Kusuma, 2012). Air asam tambang terbentuk sebagai hasil oksidasi mineral sulfida seperti pirit, kalkopirit dan markasit yang terkandung dalam batuan oleh oksigen di udara atau pada lingkungan berair. Dampak yang dapat ditimbulkan akibat air asam tambang adalah terjadinya pencemaran lingkungan, dimana komposisi atau kandungan air di daerah yang terkena dampak tersebut akan berubah sehingga dapat mengurangi kesuburan tanah, mengganggu kesehatan masyarakat sekitarnya dan dapat mengakibatkan korosi pada peralatan tambang (Hidayat, 2017).

Analisis geokimia batuan dilakukan untuk mendeterminasi lapisan batuan yang cenderung berpotensi menghasilkan air asam tambang dan yang tidak. Dengan melihat kandungan sulfur dan pH pada setiap batuan akan memberikan hasil sebagai acuan untuk mengelompokkan batuan *potential acid forming* (PAF) dan batuan *non acid forming* (NAF). Dengan diketahuinya batuan yang potensial membentuk air asam tambang pada lokasi penambangan batubara tersebut dapat dilakukan tindakan untuk mencegah terbentuknya air asam tambang selama dan setelah kegiatan penambangan. Gautama dkk (2014) melakukan penelitian di Pit Lake, tambang batubara Jorong, Kalimantan, dimana Pit tersebut sudah mulai terisi oleh aliran air permukaan yang bersifat asam. Pada pit tersebut dilakukan perlakuan untuk mengatasi tingkat keasaman pada danau Pit dengan menambahkan 181 ton batugamping untuk menetralkan air asam tambang. Annisa (2016) melakukan penelitian tentang Pengaruh Mineral Sekunder Sulfat Hasil Oksidasi Pirit Terhadap Nilai Total Sulfur pada Batubara Formasi Haloq dan Serpih Karbonan Formasi Batuayau Cekungan Kutai Atas. analisis terhadap empat sampel batubara dan dua sampel batuserpih karbonan untuk mengetahui total sulfur dan kandungan mineral setiap sampel. Hasilnya menunjukkan bahwa mineral yang terdapat pada sampel umumnya merupakan zaherit, kuarsa, kaolin, beidelit, melanterit, dan magnesiokopiat. Keberadaan melanterit menunjukkan terjadi oksidasi terhadap mineral pirit dan mengindikasikan tingginya persentase sulfur pada batubara dan serpih karbonan. Meskipun penelitian yang dilakukan oleh Gautama dkk (2014) dan Annisa (2016) tentang air asam tambang sudah cukup lengkap, namun demikian pada kedua penelitian tersebut tidak membahas secara spesifik tentang kondisi batuan *overburden* dan *underburden* pada tambang batubara tersebut, sehingga belum diketahui asal dari mineral pembentuk air asam tambang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan batuan berdasarkan karakteristik geokimia potensi pembentukan asam tambang, yaitu batuan *potential acid forming* (PAF) dan batuan *non acid*

forming (NAF). Selain itu juga untuk mengidentifikasi kandungan mineral pada lapisan batuan *overburden* untuk mendeterminasi jenis mineral sulfida pembentuk asam tambang dan mineral penetral pada batuan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, seperti persiapan, pengumpulan data, pengolahan data beserta analisis dengan menggunakan *software* yang mendukung penelitian.

2.1. Pengambilan Data

Tahapan pengumpulan data dilakukan dengan pengambilan data sekunder. Data sekunder tersebut merupakan data yang didapatkan dari PT. Trubaindo Coal Mining berupadada *coring*, data geokimia dan geologi regional daerah penelitian.

2.2. Pengolahan dan Analisis Data

Analisis yang dilakukan pada tahapan ini adalah:

a) Analisis data *coring*

Analisis data *coring* ini bertujuan untuk mengetahui ketebalan dan jenis batuan pada setiap lapisan. Setelah diketahui jenis dan ketebalan batuan, kemudian dilakukan pengambilan setiap sampel sesuai prosedur. Pengambilan sampel dilakukan dengan memperhatikan aspek ketebalan lapisan batuan dan aspek keterwakilan semua lapisan batuan yang ada. Batuan dengan ketebalan kurang dari 5 meter diambil satu sampel sedangkan batuan yang memiliki ketebalan lebih dari 5 meter diambil dua atau lebih sampel.

b) Analisis Geokimia dan Mineralogi

Pada analisis geokimia dilakukan terhadap sampel hasil pengeboran. Metode yang dilakukan berupa uji statik (*static test*) yang meliputi perhitungan jumlah sulfur pada batuan, perhitungan potensi pembentukan asam (*net acid producing potential* (NAPP), dan perhitungan NAG pH (*Net Acid Generation*). Hasil analisis ini kemudian digunakan untuk mengelompokkan batuan berdasarkan potensi pembentukan asam tambang, yang terdiri atas *Potential Acid Forming* (PAF) dan *Non Acid Forming* (NAF). Sampel yang digunakan dalam analisis geokimia diambil dari tiga titik pengeboran dengan jumlah keseluruhan sampel sebanyak 49 sampel. Pengeplotan diagram perbandingan nilai ANC/MPA dan Perbandingan Nilai NAG pH dan NAPP menggunakan *software* Coreldraw X6.

c) Analisis kandungan mineralogi batuan (*X-Ray Diffraction*)

Analisis mineralogi dilakukan dengan metode *X-Ray Diffraction* (XRD) dengan pertimbangan bahwa analisis XRD ini mampu mendeteksi mineral-mineral yang tidak dapat dideteksi dengan pengamatan megaskopis dan pengamatan mikroskopis. Sampel yang dianalisis berjumlah 3 sampel batuan yang diperkirakan bersifat NAF dan PAF. Pengeplotan nama mineral pada grafik XRD menggunakan *software* Coreldraw X6.

d) Pencegahan dan Rekomendasi

Analisis ini dilakukan dengan membuat model zona timbunan pada daerah disposal dengan menerapkan aspek geokimia namun tanpa melakukan analisis geoteknik. Selain itu metode penanggulangan dilakukan dengan menerapkan metode *water management*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Batuan Hasil Pengeboran

Pengeboran yang dilakukan pada sumur BN3207017G memiliki kedalaman 57 meter. Pada sumur BN3207017G, batuan yang didapatkan dari hasil pengeboran terdiri atas material aluvium dengan ketebalan 1,70 m serta batulempung dengan ketebalan 33,46 m yang pada beberapa bagian terdapat batulanau sebagai sisipan. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa batuan *overburden* pada sumur

BN3207017G didominasi oleh batulempung. Batuan *underburden* pada sumur BN3207017G terdiri dari batulempung karbonan dengan ketebalan 24 cm, kemudian batulempung memiliki ketebalan 0,2 m - 4,5 m, batulanau memiliki ketebalan 5 m serta batupasir dengan ketebalan 0,9 m hingga 3,85 m.

Pengeboran yang dilakukan pada sumur BN3209518G memiliki kedalaman 61,90 meter. Batuan yang menjadi *overburden* dari lapisan batubara pada sumur ini memiliki ketebalan 6,30 m, yang terdiri atas material aluvium dengan ketebalan 1,60 m dan batulempung dengan ketebalan 4,70 m. Ketebalan lapisan *overburden* pada sumur ini cenderung lebih kecil karena dipengaruhi oleh posisi titik pengeboran secara geomorfologi. Batuan *underburden* dari lapisan batubara yang ada pada sumur ini memiliki ketebalan lebih besar yaitu 47,20 m. Jenis litologi yang menjadi batuan *underburden* batubara lebih beragam dibandingkan dengan batuan *overburden*. Batuan ini terdiri atas batulempung karbonan yaitu batulempung yang mengandung material organik yang dengan komposisi senyawa karbon dengan ketebalan 0,48 m hingga 1,30 m. Selanjutnya batulempung dengan ketebalan 0,17 m hingga 4,25 m, batulanau dengan ketebalan 0,70 m hingga 4,80 m, serta batupasir dengan ketebalan 0,6 m hingga 17 m.

Pengeboran yang dilakukan pada Sumur BN3204519G memiliki kedalaman 45 m. Lapisan batuan *overburden* batubara yang didapatkan dari hasil pengeboran tersebut memiliki ketebalan 23,20 m. Batuan tersebut terdiri atas material aluvium dengan ketebalan 5,35 m, batulempung dengan didapatkan mulai dari kedalaman 5,35 m - 22,40 m sehingga diketahui bahwa ketebalan batulempung sebesar 17,05 m. Selain itu juga didapatkan batulempung karbonan yaitu batulempung yang mengandung material organik dari tumbuhan yang menghasilkan senyawa karbon berwarna hitam dengan ketebalan 0,80 m. Batuan *underburden* dari lapisan batubara yang didapatkan pada sumur ini memiliki ketebalan 13,05 m. Batuan *underburden* ini terdiri atas beberapa jenis litologi, seperti batulempung karbonan dengan ketebalan 0,40 m, batulempung 0,20 m hingga 4,75 m, batulanau memiliki ketebalan 1,85 m hingga 3,5 m.

Keberadaan lapisan batuan *underburden* tersebut tidak berpengaruh terhadap pembentukan air asam tambang sepanjang batuan tersebut tidak mengalami oksidasi dan berkontak dengan air. Pembentukan air asam tambang pada umumnya terjadi pada lapisan *overburden* karena mineral-mineral sulfida yang berkontak dengan udara bebas dan air.

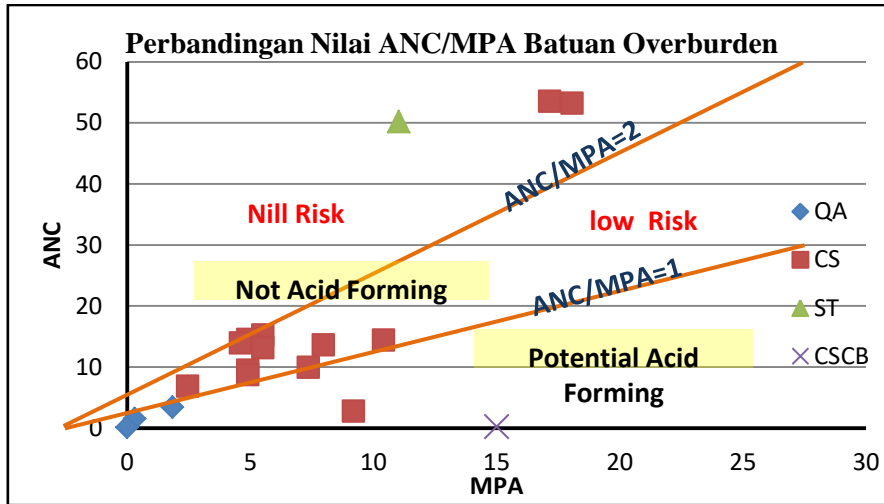
3.2. Analisis Geokimia Batuan

3.2.1. Geokimia Batuan *Overburden*

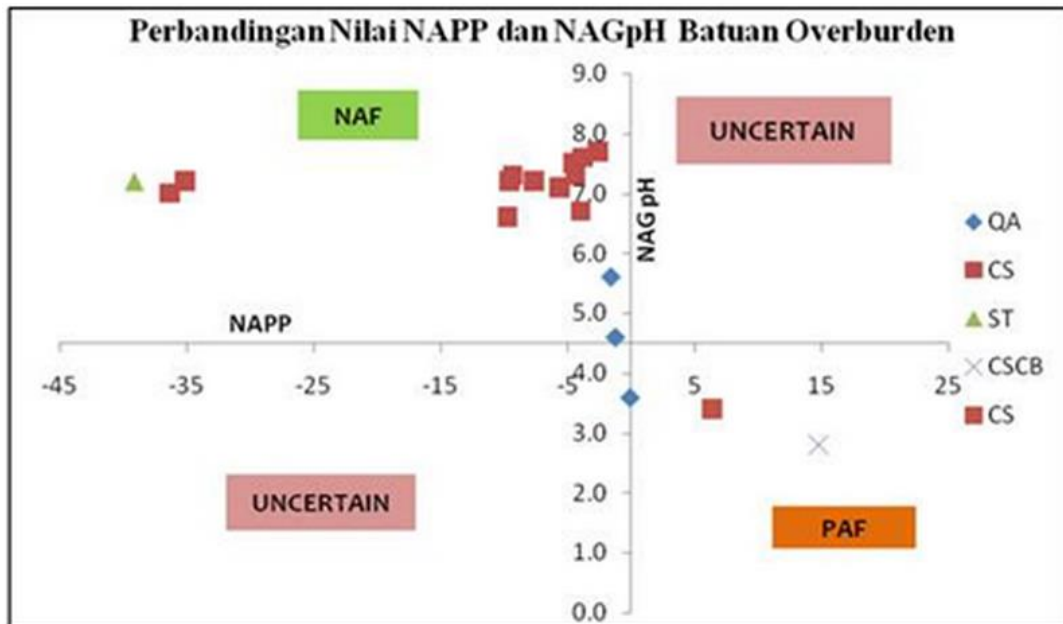
Analisis penentuan karakteristik batuan yang berpotensi menghasilkan asam tambang dilakukan dengan beberapa metode perbandingan nilai. Metode yang pertama yaitu dengan melakukan perbandingan nilai ANC (*Acid Neutralizing Capacity*) dan nilai MPA (*Maximum Potential Acidity*). Dari hasil analisis ini, didapatkan bahwa batuan yang memiliki sifat *Potential Acid Forming* (PAF) berjumlah 2 sampel batuan dengan jenis batuan berupa batulempung dan batulempung karbonan. Sedangkan batuan yang dikelompokkan sebagai *Not Acid Forming* (NAF) berjumlah 16 sampel batuan dengan 7 batuan yang sifatnya kapasitas rendah (*low risk*) yang terdiri atas batulempung dan material aluvium dan 9 sampel batuan yang sifatnya tidak akan mampu membentuk asam tambang (*nil risk*) yang didominasi oleh batulempung (**Gambar 1**).

Penentuan karakteristik batuan berupa batuan *Potential Acid Forming* (PAF) dan *Not Acid Forming* (NAF) didasarkan pada dua metode perbandingan nilai (AMIRA, 2002). Perbandingan nilai yang dilakukan yaitu dengan membandingkan nilai *Net Acid Producing Potential* (NAPP) yang menunjukkan perbandingan jumlah kandungan asam dan basa pada batuan dengan *Net Acid Generation* (NAG pH) yang menunjukkan besarnya kandungan asam reaktif dan material non asam pada batuan. Dari hasil analisis tersebut, kemudian dapat dibuktikan dalam diagram perbandingan nilai NAG pH dan nilai NAPP yang menunjukkan adanya sampel batuan yang sifatnya PAF dan sifatnya NAF serta batuan yang tergolong *uncertain*. Diagram ini menunjukkan bahwa nilai NAPP dan NAG pH berbanding terbalik (**Gambar 2**). Batuan PAF dikelompokkan apabila nilai NAPP > 0 dan nilai NAG pH < 4,5, sedangkan batuan NAF memiliki karakteristik sebaliknya Nilai NAPP < 0 dan nilai NAG pH > 4,5.

Batuan yang memiliki nilai selain pada nilai tersebut dikelompokkan sebagai batuan yang *uncertain* yang tidak diketahui apakah batuan tersebut tergolong batuan PAF atau NAF.



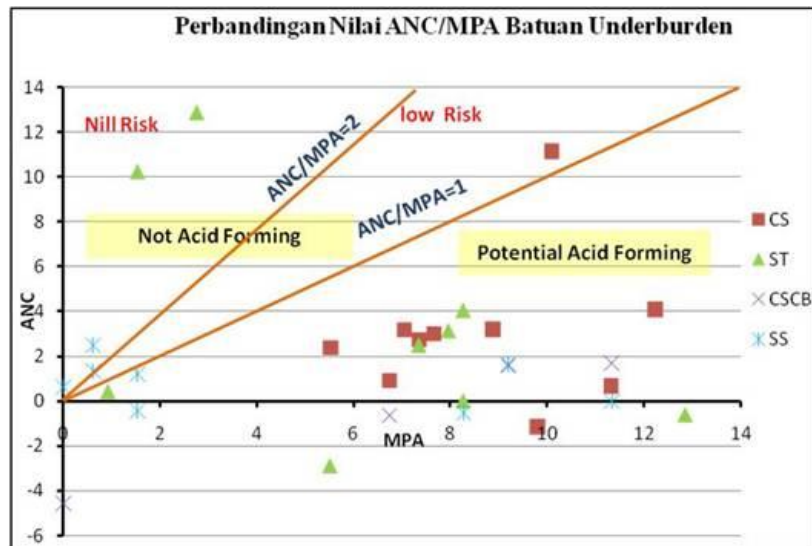
Gambar 1. Diagram perbandingan nilai ANC/MPA pada batuan *overburden*



Gambar 2. Perbandingan Nilai NAG pH dan NAPP pada batuan *overburden*

3.2.2. Geokimia Batuan *Underburden*

Analisis geokimia yang dilakukan pada sampel batuan *underburden* berjumlah 31 sampel yang berasal dari tiga titik bor. Berdasarkan pada hasil analisis tersebut, maka dapat diketahui bahwa batuan yang memiliki nilai ANC/MPA < 1 dan merupakan batuan dengan karakteristik PAF terdiri dari 25 sampel batuan berupa 5 batupasir, 4 sampel batulempung karbonan, 7 sampel batuan berupa batulanau serta 9 sampel berupa batulempung. sedangkan batuan dengan nilai perbandingan ANC/MPA > 1 dan merupakan batuan dengan karakteristik NAF berjumlah 6 sampel batuan (Gambar 3). Batuan dengan perbandingan nilai ANC/MPA > 1 dikategorikan sebagai batuan dengan potensi pembentukan asam yang kecil (*low risk*) oleh karena jumlah material penetral yang bersifat lebih basa memiliki perbandingan yang tidak begitu jauh dari material asamnya sehingga potensi menghasilkan air asam tambang masih ada.

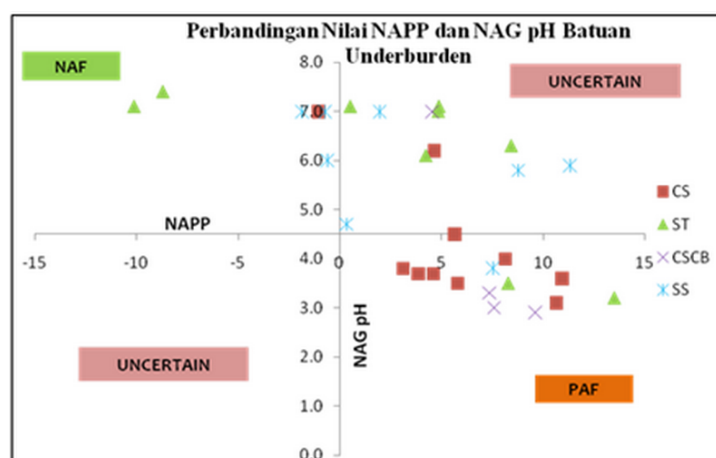


Gambar 3. Perbandingan nilai ANC/MPA batuan underburden

Pada Analisis NAPP dan NAG pH berbanding terbalik (Gambar 4). Dari hasil perbandingan tersebut, batuan yang secara geokimia memiliki kecenderungan menghasilkan asam tambang atau memiliki karakteristik batuan *potential acid forming* (PAF) berjumlah 14 sampel yang terdiri dari batuan dengan 3 sampel batuan berupa batulempung karbonan (*carbonaceous claystone*), 8 sampel berupa batulempung, 2 sampel berupa batulanau dan 1 sampel berupa batupasir. Sedangkan batuan yang cenderung tidak berpotensi menghasilkan asam tambang atau memiliki karakteristik batuan *non-acid forming* (NAF) berjumlah 6 sampel dengan jenis 1 sampel batulempung, 2 sampel berupa batulanau dan 3 sampel berupa batupasir. Sedangkan batuan yang tergolong *uncertain* atau batuan yang tidak dapat dikelompokkan sebagai batuan PAF ataupun NAF berjumlah 11 sampel batuan yang terdiri atas 4 sampel berupa batupasir, 5 sampel berupa batulanau, 1 sampel batulempung dan 1 sampel berupa batulempung karbonan. Batuan dengan kategori *uncertain* cenderung memiliki NAG pH > 4,5 dengan NAPP > 1. Berdasarkan kondisi ini maka batuan tersebut tergolong sebagai batuan *uncertain* NAF.

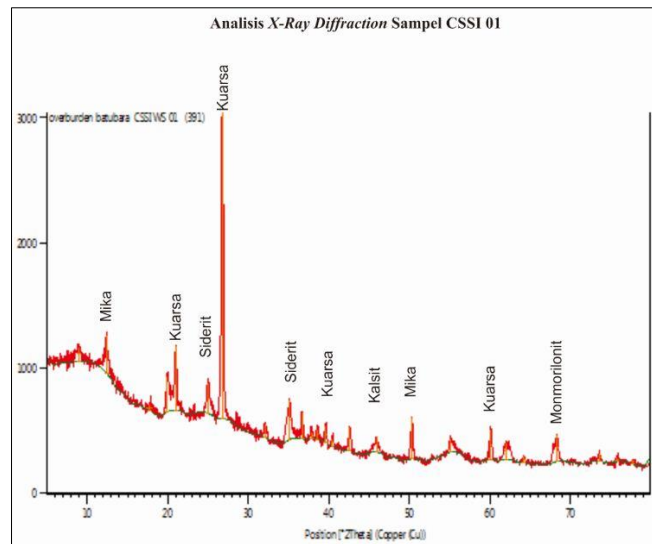
3.3. Analisis Mineralogi

Analisis mineralogi ini dilakukan dengan metode *X-Ray Diffraction* pada laboratorium. Batuan yang dianalisis berupa batulempung (CSSI 01), batulempung karbonan (CSCB 03) dan batupasir (SS 02). Sampel batuan tersebut dipilih oleh karena merupakan batuan yang dominan pada daerah penelitian.



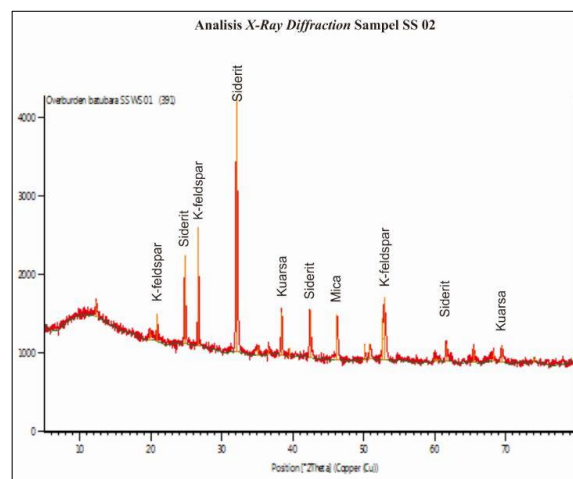
Gambar 4. Perbandingan nilai NAPP dan NAG pH batuan underburden

Mineral-mineral yang menyusun batulempung (CSSI 01) tersebut berupa siderit, mika, kuarsa, kalsit, montmorilonit dan goetit (**Gambar 5**). Secara umum, mineral-mineral tersebut cenderung tidak menyebabkan pembentukan asam tambang, karena batuan ini lebih didominasi oleh mineral yang tidak dapat teroksidasi khususnya mika, kalsit dan kuarsa dibanding mineral siderit dan goetit (Taylor dkk, 1998). Mika ($KAl_2(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$), kuarsa (SiO_2), siderit ($FeCO_3$) dan goetit ($FeO(OH)$) tidak mengandung sulfida yang dapat membentuk asam dengan ion ferri sebagai pengoksidasi, sehingga mineral-mineral tersebut tidak dapat membentuk air asam tambang (Gautama dan Kusuma, 2012). Sebaliknya mineral kalsit ($CaCO_3$) dapat berfungsi sebagai mineral penetral air asam tambang karena dapat menetralkan asam sulfur (Said, 2014; Gomo, 2018).



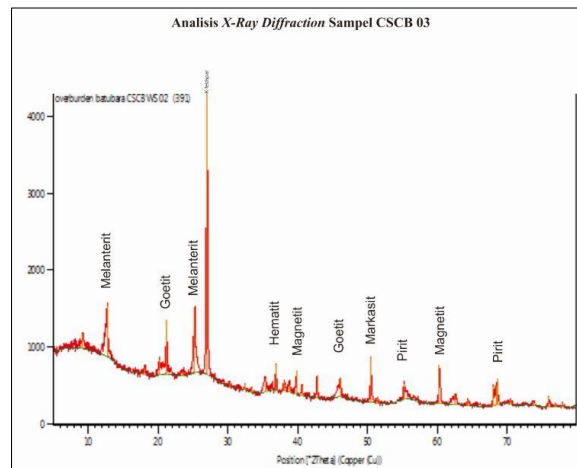
Gambar 5. Pola XRD pada sampel batulempung (CSSI 01)

Pada sampel batupasir (SS 02) ini menunjukkan bahwa batuan ini tersusun oleh beberapa mineral seperti siderit, kuarsa, mika, dan K-feldspar (**Gambar 6**). Kemunculan mineral-mineral ini menunjukkan bahwa mineral penyusun tersebut bersifat tidak dapat teroksidasi kuat karena unsur atau senyawa kimia yang menyusun mineral tersebut lebih bersifat silika dibandingkan unsur besi dan sulfur, sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan tersebut tidak berpotensi menghasilkan asam tambang (Taylor dkk, 1998). Mineral kuarsa adalah mineral yang sangat stabil terhadap proses fisika dan kimia, sehingga tidak akan berubah menjadi mineral sekunder lain. Mineral mika dan K-feldspar ($KAlSi_3O_8$) jika teroksidasi akan menghasilkan mineral lempung yang tidak berbahaya karena tidak membentuk air asam tambang (Wilkinson dkk., 2014). Mineral tersebut termasuk dalam kelompok NAF.



Gambar 6. Pola XRD pada sampel batupasir (SS 02)

Pada sampel batulempung karbonan (CSCB 03) tersusun oleh mineral-mineral berupa K-feldspar, goetit, pirit, markasit, hematit, melanterit dan magnetit (**Gambar 7**). Mineral-mineral yang teridentifikasi pada batuan ini didominasi oleh mineral-mineral besi yang sangat mudah mengalami oksidasi dan cenderung tersusun atas unsur sulfur dan sulfida reaktif, sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan tersebut berpotensi menghasilkan asam tambang (Taylor dkk, 1998). Pirit (FeS_2) dan markasit (FeS_2) merupakan mineral yang mengandung sulfur yang akan membentuk asam jika bereaksi dengan oksigen sebagai pengoksidasi, sehingga akan menghasilkan air asam tambang (Gautama dan Kusuma, 2012). Dengan demikian mineral pirit dan markasit tersebut termasuk dalam kelompok PAF.



Gambar 7. Pola XRD pada sampel batulempung karbonan (CSCB 03)

Menurut Gautama dan Kusuma (2012) mineral-mineral tersebut umumnya terendapkan bersamaan dengan pengendapan batuanannya atau disebut sebagai mineral-mineral singenetik. Selain kehadiran pirit, diinterpretasikan bahwa keberadaan mineral melanterit dan goetit sebagai sulfat sekunder hasil oksidasi pirit masih memberikan kontribusi yang sangat signifikan terhadap presentasi pembentukan asam tambang.

Berdasarkan pada identifikasi mineral-mineral yang terkandung pada batuan-batuan yang menyusun lokasi penelitian, maka dapat menjelaskan beberapa hal yang terjadi pada lokasi penelitian. Kehadiran melanterit yang merupakan mineral sulfat sekunder pada sampel CSCB 03 berkaitan dengan proses pelarutan senyawa sulfat hidrat yang tersusun oleh senyawa garam logam yang kemudian terhidrasi dan selanjutnya mengalami penguapan dari asam sulfat dan adsorpsi yang terbentuk dari pelapukan oksidatif Fe – Sulfida dan mineral sulfida lainnya yang terdapat pada batuan. Kehadiran mineral siderit (FeCO_3) pada sampel CSSI 01, SS 02 dan CSCB 03 menunjukkan adanya kehadiran karbonat (CO_3) pada lokasi penelitian. Kehadiran goetit pada sampel CSCB 03 berasal dari oksidasi langsung mineral pirit dengan kontrol pH dan kandungan sulfat pada batuan. Mineral-mineral tersebut sangat stabil pada pH yang asam.

3.4 Pencegahan dan Penanggulangan

Untuk mencegah terjadinya pembentukan air asam tambang, perlu dilakukan pencegahan dengan melakukan *treatment* khusus bagi batuan yang berpotensi membentuk asam tambang. Pencegahan pembentukan air asam tambang pada suatu area pertambangan dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode pasif dan metode aktif. Penanggulangan pasif dilakukan dengan memisahkan antara material PAF dan NAF (*selective dumping method*). Pemisahan ini dilakukan untuk melakukan proses enkapsulasi sebagai salah satu metode pencegahan pembentukan air asam tambang. Pencegahan yang cukup baik adalah dengan melakukan pembuatan tempat penimbunan khusus untuk batuan yang

bersifat potensial asam, sehingga batuan tersebut tidak mengalami kontak langsung dengan air dan udara yang merupakan media dalam pembentukan asam tambang.

Metode penanggulangan aktif untuk menangani masalah apabila sudah terbentuk air asam tambang adalah dengan cara menetralkan sifat asam pada fluida yang sudah terkontaminasi oleh zat asam tersebut. Umumnya bahan yang digunakan yang cukup efisien untuk menetralkan air asam tambang adalah dengan menggunakan bahan alkalin seperti batu kapur (*chalkstone*) (Kusuma dkk. 2012; Gomo, 2018). Batugamping merupakan batuan karbonat yang diketahui memiliki pH 4-8 (netral-basa). Dengan mengakumulasi air yang sudah terkontaminasi pada kolam gamping selama beberapa waktu dapat menurunkan kadar keasaman air tersebut sehingga apabila air tersebut dibuang ke lingkungan tidak akan memiliki dampak yang merugikan.

4. Kesimpulan

Batuan yang ada pada lokasi penelitian memiliki perbedaan karakteristik antara lapisan *overburden* dan lapisan *underburden*. Lapisan batuan *overburden* memiliki karakteristik yang lebih dominan sebagai batuan *Non Acid Forming* (NAF) dengan persentase 83%, batuan PAF 11% dan *uncertain* 6%. Sedangkan pada lapisan batuan *underburden* memiliki karakteristik batuan yang dominan *Potential Acid Forming* (PAF) dengan persentase 45%, batuan NAF 19% serta batuan *uncertain* 36%. Mineral yang menyusun batuan NAF umumnya berupa mineral non-oksidasi, berupa kuarsa, K-feldspar, mica, dan kalsit, sedangkan pada batuan yang bersifat PAF umumnya disusun oleh mineral-mineral oksidasi kuat seperti pirit, markasit, hematit dan magnetit.

Daftar Pustaka

- AMIRA. 2002. ARD Test Handbook, Project P387A Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage. Ian Wark Research Institute, William Street Melbourne 3000, Australia.
- Anggayana, K. 2002. Genesa Batubara. Departemen Teknik Pertambangan, FIKTM, Institut Teknologi Bandung.
- Demchuk, T. D. 1992. Epigenetic Pyrite in a Low-Sulphur, Sub-Bituminous Coal From Central Alberta Plains. *International Journal of Coal Geology*, 21, 187-196.
- Dai, S., Li, T., Jiang, Y., Ward, C.R., Hower, J.C., Sun, J., Liu, J., Song, H., Wei, J., Li, Q., Xie, P. and Huang, Q. 2015. Mineralogical and Geochemical Compositions of Pennsylvanian Coal in The Hailiushu Mine, Daqingshan Coalfield, Inner Mongolia, China: Implications of Sediment-Source Region and Acid Hydrothermal Solutions. *International Journal of Coal Geology*, 137, 92-110.
- Gautama, R.S and Kusuma, G.J. 2012. Evaluation of Geochemist Test in Predicting Acid Mine Drainage Potential in Coal Surface Mine. 5th International Mine Water Congress, Nottingham. U.K.
- Gautama, R.S., Novianti, Y. S. dan Supringgo, E. 2014. Review on In-pit Treatment of Acidic Pit Lake in Jorong Coal Mine, South Kalimantan, Indonesia. China University of Mining and Technology Press, Xuzhou.
- Gomo, M. 2018. Conceptual hydrochemical characteristics of a calcite and dolomite acid mine drainage neutralized circum neutral groundwater system. *Water Science*, 32(2), 355-361.
- Hidayat, L. 2017. Pengelolaan Lingkungan Areal Tambang Batubara (Studi Kasus Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mining Drainage) di PT. Bumi Rantau Energi Kabupaten Tapin Kalimantan Selatan). *Jurnal ADHUM*, VII(1), 44-52.
- Islamunisa, F., Bohari dan Panggabean, A. S. 2018. Pemanfaatan Air Asam tambang Batubara Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif. *Atomik*, 03 (1), 22-25.
- Kasmiani, Widodo, S. dan Bakri, H. 2018. Analisis Potensi Air Asam tambang pada Batuan Pengapit Batubara di Salopuru Berdasarkan Karakteristik Geokimia. *Geomine*, 6(3), 138-144.

- Kusuma, G.J., Shimada, H., Sasaoka, T., Kikuo, M., Nugraha, C., Gautama, R.S.& Sulistianto, B. 2012. Physical and Geochemical Characteristics of Mine Overburden Dump Related to Acid Mine Drainage Generation. Kyushu University.
- Mansyur, A. 2014. Studi Potensi Pembentukan Air Asam Tambang Lapisan Tanah Penutup (Overburden) Tambang Batubara Menggunakan Leach Column Test, Flooding Test dan NAG Test. Universitas Pendidikan Indonesia.
- McClay, K. 2002. Tertiary Evolution of The Sanga-Sanga Block, Mahakam Delta, Indonesia. *AAPG Bulletin*, 84, 765-786.
- Qureshi, A., Maurice, C. and Ohlander, B. 2016. Potential of Coal Mine Waste Rock for Generating Acid Mine Drainage. *Geochemical Exploration*, 160, 44-54.
- Raden, I. 2010. Kajian Dampak Penambangan Batubara Terhadap Pengembangan Sosial Ekonomi di Kabupaten Kutai Kertanegara. Badan Penelitian dan Pengembangan Dalam Negeri, Jakarta.
- Said, N. I. 2014. Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara "Alternatif Pemilihan Teknologi". *Jurnal Air Indonesia*, 7(2), 119-138.
- Saputra, M.W. 2014. Efektivitas Penurunan Fe dan Mn Pada Air Asam Tambang Dengan Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dan Kayu Apu Menggunakan Sistem Lahan Basah Buatan Metode Batch Bertingkat. *Teknik Lingkungan*, Universitas Lambung Mangkurat.
- Sukardi, R., Supriatna, S. dan Rustandi, E. 1995. Peta Geologi Lembar Sangatta, Kalimantan Timur. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Taylor, G. H., Teichmuller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Robert, P. and Littke, R. 1998. *Organic Petrology*. Berlin, Stuttgart, Germany.
- Wijaya, R. A. E. 2010. Sistem pengolahan Air Asam pada Waterpond dan Aplikasi Model Encapsulation in-pit Disposal pada Waste Dump Tambang Batubara. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 17(1), 1-10.
- Wilkinson, M., Haszeldine, R.S., Morton, A. dan Fallick, A. E. 2014. Deep burial dissolution of K-feldspars in a fluvial sandstone, Pentland Formation UK Central North Sea. *Geological Society*, 171, 635-647.