

PENGELOLAAN DAN PENGENDALIAN AIR ASAM TAMBANG PADA KEGIATAN PERTAMBANGAN BATUBARA

(MANAGEMENT AND CONTROL OF ACID MINE WATER IN COAL MINING ACTIVITIES)

Saptawartono¹, Ferra Murati¹, Yunida Iashania¹, Neny Firdayanti¹, Sena Melinda², Isai Yakub Reba²

¹ Dosen Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya.

² Mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya.

Korespondensi E-mail: saptawartono@mining.upr.ac.id

Abstrak

Kegiatan pertambangan batubara merupakan salah satu komoditas yang sangat menjanjikan dalam rangka pasokan energi saat ini. Namun demikian, kegiatan pertambangan batubara perlu mendapat perhatian yang serius dalam pengelolaannya, mengingat dampak negatif yang dihasilkan juga sangat besar terhadap keberadaan dan kelestarian lingkungan. Salah satu dampak negatif yang dihasilkan adalah terbentuknya limbah air asam tambang, yang keberadaannya sangat berpengaruh terhadap: (1) masyarakat sekitar; (2) biota perairan; (3) kualitas air permukaan; dan (4) kualitas air tanah. Terhadap dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah air asam tambang, diperlukan adanya upaya-upaya pencegahan dan menghambat terbentuknya limbah air asam tambang pada kegiatan pertambangan batubara, yaitu diantaranya melalui tindakan mengurangi terjadinya kontak antara unsur-unsur yang mempengaruhi terbentuknya air asam tambang, seperti mineral sulfida yang berfungsi sebagai pirit yang dihasilkan dari permukaan batuan batu bara, air dan oksigen. Disamping itu, terdapat beberapa teknologi pengolahan limbah air asam tambang yang bertujuan untuk menetralkan air asam tambang dengan meningkatkan pH airnya. Teknologi pengolahan limbah air asam tambang yang berkembang saat ini, yaitu menggunakan metode teknologi pengolahan aktif dengan cara menetralkan pH air dengan bahan kimia buatan dan metode teknologi pengolahan pasif dengan cara tanpa menggunakan bahan kimia, tetapi sepenuhnya menggunakan proses kimia dan biologi secara alami.

Kata kunci: Air Asam Tambang, Batubara, Pertambangan

Abstract

Coal mining activity is one of the most promising commodities in the current energy supply framework. However, coal mining activities need serious attention in their management, considering the resulting negative impact is very large on the existence and sustainability of the environment. One of the resulting negative impacts is the formation of acid mine drainage, its existence greatly influences: (1) the surrounding community; (2) aquatic biota; (3) surface water quality; and (4) groundwater quality. Against the negative impacts caused by acid mine drainage, efforts are needed to prevent and inhibit the formation of acid mine drainage in coal mining activities, including through actions to reduce contact between elements that affect the formation of acid mine drainage, such as sulfide minerals that function as pyrite produced from the surface of coal, water and oxygen. Also, there are several acid mine drainage treatment technologies that aim to neutralize acid mine drainage by increasing the pH of the water. Acid mine water treatment technology that is currently developing, namely using active processing technology methods by neutralizing the pH of the water with artificial chemicals and passive processing technology methods in a way without the use of chemicals, but fully using natural chemical and biological processes.

Keywords: Acid mine drainage, Coal, Mining

1. Pendahuluan

Kegiatan pertambangan batubara merupakan salah satu komoditas yang sangat menjanjikan dalam rangka pasokan energi saat ini. Adanya permintaan yang cukup besar dan secara terus menerus serta berkesinambungan, baik dari dalam negeri maupun luar negeri, mengharuskan agar seluruh proses kegiatan pertambangan batubara dapat dikelola dengan baik, benar, efektif dan efisien. Dengan demikian, diharapkan pengelolaan kegiatan pertambangan

batubara tersebut, dapat menghasilkan batubara dengan kualitas yang baik dan memberikan keuntungan maksimal, serta yang dapat meningkatkan perekonomian negara dan dapat memberikan kesejahteraan bagi masyarakat. Namun demikian, kegiatan pertambangan batubara perlu mendapat perhatian yang serius dalam pengelolaannya, mengingat dampak negatif yang dihasilkan juga sangat besar terhadap keberadaan dan kelestarian lingkungan. Kegiatan pertambangan batubara merupakan kegiatan dengan variabilitas lingkungan yang besar.

Apabila kegiatan penambangan batubara tersebut tidak dikelola dengan baik dan benar, akan memicu terjadinya percepatan kerusakan lingkungan, sebagai akibat terjadinya perubahan kimia maupun fisik lingkungan yang tidak terkendali. Beberapa dampak negatif yang memungkinkan akan terjadi akibat kegiatan pertambangan batubara yang tidak dikelola dengan baik dan benar, yaitu: penurunan kualitas tanah; terjadinya erosi tanah dan longsor; berkurangnya sampai dengan hilangnya vegetasi penutup tanah; terjadinya sedimentasi, pencemaran dan menurunnya kualitas air; dan berkurangnya luasan tutupan lahan kawasan hutan.

Terjadinya pencemaran dan penurunan kualitas air akibat kegiatan pertambangan batubara, merupakan salah satu dampak negatif yang perlu mendapatkan perhatian cukup serius dalam pengelolaan dan pemanfaatan suatu areal pertambangan batubara. Pencemaran dan penurunan kualitas air ini, dapat diidentifikasi melalui adanya air asam tambang pada lokasi pertambangan. Terjadinya air asam tambang ini, sebagai akibat dari adanya pencampuran antara air hujan atau air tanah dengan batuan yang mengandung sulfida tertentu di dalam batu bara, sehingga membuat berubahnya sifat kimia air menjadi sangat asam. Keberadaan air asam tambang pada lokasi pertambangan, mengakibatkan penurunan kualitas air permukaan maupun air tanah.

Apabila air yang sudah tercemar dengan air asam tambang ini mengalir atau dialirkan ke sungai, akan sangat berdampak kepada keberlangsungan hidup seluruh makhluk hidup yang terkontaminasi, khususnya masyarakat yang tinggal di sepanjang aliran sungai. Hal ini sejalan dengan pernyataan Andrawina, dkk (2020; h.201), bahwa dampak air asam tambang bukan hanya di dalam lokasi pertambangan saja namun yang lebih dikhawatirkan adalah tercemarnya sumber air yang terdapat di luar kawasan tambang dan sangat membahayakan lingkungan khususnya bagi makhluk hidup. Pengelolaan air asam tambang seharusnya dilakukan pada setiap perusahaan pertambangan sesuai dengan kewajiban berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No.7 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan Reklamasi dan Pascatambang pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara. Umumnya untuk penanganan air asam tambang yang dilakukan di banyak perusahaan tambang adalah dengan menggunakan teknologi aktif dan pasif. Kedua pendekatan tersebut memiliki keunggulan dan keterbatasan masing-masing dalam segi efektivitas. Selanjutnya Luthfi Hidayat (2017; h.44), menyatakan bahwa pengendalian terhadap air asam tambang merupakan hal yang perlu dilakukan selama kegiatan penambangan

berlangsung dan setelah kegiatan penambangan berakhir.

Adanya dampak negatif yang disebabkan air asam tambang terhadap lingkungan dan makhluk hidup khususnya masyarakat yang hidupnya berada di sekitar areal pertambangan, serta bagaimana penanganannya yang baik, memerlukan adanya informasi ilmiah yang dapat memperkaya dan menambah khasanah terhadap gambaran pengelolaan dan pengendalian limbah air asam tambang pada kegiatan pertambangan batubara. Diharapkan informasi yang diperoleh, dapat menjadi masukan yang membangun bagi seluruh stakeholder, dalam melaksanakan kegiatan pengelolaan kegiatan pertambangan batubara dengan baik, khususnya menangani pencemaran dan penurunan kualitas air akibat kegiatan pertambangan batubara.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan batasan yaitu: pada ruang lingkup kegiatan pengelolaan dan pengendalian limbah air asam tambang pada kegiatan pertambangan batubara, yang dilakukan oleh para pemegang perusahaan pertambangan batubara. Data dan informasi yang dikumpulkan berupa data sekunder, yaitu hal-hal yang terkait dengan: (1) terbentuknya air asam tambang dan dampak negatif yang dihasilkan; (2) pencegahan terjadinya air asam tambang; dan (3) Teknologi pengolahan air asam tambang.

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan *Metode Studi Pustaka*, yaitu pengumpulan data dan informasi yang berasal dari berbagai literatur, jurnal dan artikel, serta bahan-bahan lain yang terkait dengan topik penelitian. Adapun terhadap data yang telah dikumpulkan tersebut, diolah atau dianalisis dengan menggunakan *Metode Deskriptif-Kualitatif*, yaitu pengolahan atau analisis data yang bertujuan untuk memahami fenomena tentang apa yang dialami oleh subjek penelitian misalnya perilaku, persepsi, motivasi, tindakan, dll secara holistik, dan dengan cara deskripsi dalam bentuk kata-kata dan bahasa, pada suatu konteks khusus yang alamiah dan dengan memanfaatkan berbagai metode alamiah.

3. Hasil Dan Pembahasan

a. Terbentuknya Air Asam Tambang dan Dampak Negatif Yang Dihasilkan

Air asam tambang (*Acid Mine Drainage*) merupakan limbah yang mencemari lingkungan yang terbentuk karena adanya kegiatan pertambangan, dan merupakan air yang memiliki tingkat kasaman yang tinggi, yaitu dengan nilai pH berada di bawah 6. Air asam tambang ini, juga merupakan istilah untuk menyatakan kondisi perubahan kimia air yang berada di dalam areal

pertambangan menjadi lebih asam, sebagai akibat dari dilakukannya kegiatan pertambangan. Ketika air asam tambang ini merembes, mengalir dan/atau dialirkan akan mengakibatkan pencemaran terhadap lahan dan sumber air yang ada sekitarnya. Luthfi Hidayat (2017; h.47) menyatakan bahwa air asam yang mengandung logam berat yang mengalir ke sungai, danau atau rawa akan merusak kondisi ekosistem yang ada di sungai tersebut. Hal ini tentu saja akan menyebabkan adanya penurunan kualitas air. Air asam tambang dapat juga mempengaruhi bentang alam, perubahan struktur tanah, perubahan pola aliran permukaan dan air tanah serta komposisi kimia air permukaan.

Dalam kegiatan pertambangan batubara, air asam tambang terbentuk akibat teroksidasinya mineral sulfida pyrite dan marcasite (FeS_2) yang berasal dari permukaan batuan batubara dan tercampur dengan air, yaitu air hujan maupun air tanah yang ada pada lokasi pertambangan batubara tersebut. Melihat dari terbentuknya air asam tambang tersebut, baik pada kegiatan pertambangan terbuka maupun kegiatan pertambangan bawah tanah, diperkirakan bahwa pembentukan air asam tambang dapat berasal dari beberapa sumber, diantaranya air yang berasal dari: (1) tambang terbuka; (2) unit batuan buangan; (3) lokasi penimbunan batuan; (4) unit pengelolaan limbah tailing; dan (5) tempat penimbunan batuan galian. Ignatius Nartoris Tom, dkk (2020; h.206), menyatakan beberapa sumber air asam tambang pada lokasi pertambangan batubara, yaitu: CHF (*Coal Handling Facility*) merupakan tempat perawatan alat berat dan tempat pencucian alat berat yang digunakan dalam kegiatan penambangan. Air bekas pencucian ini mengandung lumpur dan kadar logam yang tinggi. Disamping itu, terdapat sumber-sumber lainnya pada lokasi penambangan / galian yang berasal dari limpasan air hujan dan air tanah yang ditampung pada *mine sump*.

Nusa Idaman Said (2014; h.120), memerincikan terbentuknya asam air tambang disebabkan oleh adanya air yang berasal dari tambang atau batuan yang mengandung mineral sulfida tertentu yang terpapar dan dalam keadaan teroksidasi. Beberapa sulfida logam yang sering dijumpai pada wilayah pertambangan antara lain FeS (pyrite), FeS_2 (marcasite), Fe_3S_4 (pyrrhotite), PbS (galena), Cu_2S (chalcocite), CuS (covellite), CuFeS_2 (chalcopyrite), MoS_2 (molybdenite), NiS (millerite), ZnS (sphalerite), dan FeAsS (arsenopyrite). Lebih lanjut dikatakan bahwa, timbulnya potensi pengasaman disebabkan karena terdapatnya mineral sulfida pyrite dan marcasite, dimana keduanya mempunyai susunan kimia yang sama, yaitu FeS_2 (53,4 persennya berupa S). Keduanya hanya berbeda dalam bentuk kristalnya.

Mineral sulfat umumnya terjadi sebagai mineral sekunder hasil pelapukan dari oksidasi mineral pyrite. Berbagai mineral sulfat yang sering dijumpai pada batuan di tambang batubara adalah pickeringite, halotrichite, alunogen, copiapite, coquimbite, dll. Sedangkan sulfur organik yang berasal dari material asal tanaman atau dari proses diagenesis molekul organik bukan merupakan formasi yang mengakibatkan pengasaman. Ketika timbunan material dianalisa, prosentase berat total sulfur biasanya ditentukan sebagai rerata perkiraan sulfur pyritic dan merupakan potensi pengasaman dari batuan (Nusa Idaman Said, 2014; h.121).

Air asam tambang yang terbentuk pada areal kegiatan pertambangan batubara, tentunya mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya. Kandungan logam berat yang terdapat pada air asam tambang dalam jumlah besar, akan merusak ekosistem lingkungan, apabila air asam tambang tersebut mengalir atau dialirkan ke suatu lokasi atau areal seperti sungai, danau atau rawa. Dampak negatif atau kerusakan ekosistem lingkungan yang ditimbulkan tersebut, yaitu terjadinya penurunan kualitas air, disamping juga mengakibatkan berubahnya pola alir pada air permukaan maupun air tanah, terjadinya perubahan komposisi kimia air pada air permukaan maupun air tanah dan perubahan struktur tanah serta dapat mempengaruhi bentang alamnya. Menurut Luthfi Hidayat (2017; h.48), terdapat beberapa dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya, yang diakibatkan oleh terbentuknya air asam tambang pada areal pertambangan. Dampak negatif yang ditimbulkan dari terbentuknya air asam tambang tersebut, antara lain yaitu: (1) bagi masyarakat sekitar, yaitu terganggunya mata pencaharian masyarakat yang ada sekitar areal pertambangan sebagai akibat dari terganggunya ekosistem biota perairan; (2) bagi biota perairan, yaitu terjadinya perubahan keanekaragaman biota perairan sehingga mempengaruhi kualitas perairan; (3) bagi kualitas air permukaan, yaitu menurunnya kualitas air permukaan, yang diindikasikan dengan terjadinya perubahan pH, padatan terlarut, sulfat, besi dan mangan; dan (4) bagi kualitas air tanah, yaitu terganggunya mata pencaharian masyarakat yang ada sekitar areal pertambangan sebagai akibat dari terganggunya ekosistem biota perairan.

b. Pencegahan Terjadinya Air Asam Tambang

Adanya dampak negatif air asam tambang yang mengancam keberadaan dan kelestarian lingkungan, yang selanjutnya akan mempengaruhi keberadaan dan kelangsungan hidup seluruh hidup makhluk hidup maupun masyarakat yang ada di sekitar kawasan, maka tindakan pencegahan atau setidaknya tidaknya menghambat terbentuknya air asam tambang merupakan pilihan alternatif yang

perlu dan harus dipertimbangkan, untuk dilakukan. Sejalan dengan hal tersebut, Susan Nadya Irawan (2026; h.50), menyatakan bahwa pengendalian terhadap air asam tambang merupakan hal yang perlu dilakukan selama kegiatan penambangan berlangsung dan setelah kegiatan penambangan berakhir, karena air asam tambang dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air, air permukaan dan air tanah, selain itu jika dialirkan ke sungai akan berdampak terhadap masyarakat yang tinggal disepanjang aliran sungai serta akan mengganggu biota yang hidup di darat juga biota di perairan. Air Asam Tambang dapat menurunkan pH air dari perairan umum sehingga akan mematikan biota perairan.

Dalam tindakan pencegahan atau menghambat terbentuknya air asam tambang pada kegiatan pertambangan batubara, prinsip utama yang harus diperhatikan adalah mengurangi terjadinya kontak antara unsur-unsur yang mempengaruhi terbentuknya air asam tambang, yaitu: mineral sulfida yang berfungsi sebagai pirit yang dihasilkan dari permukaan batuan batu bara, air dan oksigen. Untuk dapat mengurangi terjadinya kontak unsur-unsur yang mempengaruhi terbentuknya air asam tambang tersebut, dapat dilakukan dengan menempatkan batuan batubata, yaitu sebagai material potensial pembentuk asam (PAF/*Potencial Acid Forming*) pada posisi yang dapat meminimalisir terjadinya kontak permukaannya secara langsung dengan unsur-unsur lainnya (air dan oksigen). Luthfi Hidayat (2017; h.48), menyatakan bahwa terdapat beberapa cara untuk mencegah dan menghambat terbentuknya air asam tambang, yaitu:

1. **Penempatan Selektif**, yaitu cara mencegah dan menghambat terbentuknya air asam tambang dengan menempatkan batuan yang berpotensi membentuk air asam tambang PAF (*Potencial Acid Forming*) dengan batuan yang tidak berpotensi NAF (*NonAcid Forming*) ke tempat yang terpisah dengan cara ditimbun. Kemudian lokasi penimbunan batuan yang berpotensi membentuk air asam tambang ditempatkan sejauh mungkin dari aliran air, selanjutnya rembesan-rembesan dikumpulkan pada satu lokasi.
2. **Manajemen Tanah**, yaitu cara mencegah dan menghambat terbentuknya air asam tambang yang bertujuan untuk: (1) memisahkan tipe tanah secara benar, sehingga pencampuran dan degradasi kualitas tanah pucuk tidak terjadi; dan (2) menjamin kualitas tanah pucuk sebagaimana adanya struktur, nutrisi, tersedia digunakan dalam rehabilitasi.

Lebih lanjut Luthfi Hidayat (2017; h.48), menyatakan bahwa secara umum dikenal dua cara untuk melakukan hal tersebut, yaitu dengan menempatkan PAF (*Potentially Acid Forming*) di

bawah permukaan air di mana penetrasi oksigen terhadap lapisan air sangat rendah atau dikenal dengan *wet cover system*, atau dibawah lapisan batuan atau material tertentu dengan tingkat infiltrasi air. Metode lainnya dengan cara pencampuran (*blending*) beberapa tipe batuan PAF dan NAF atau bahkan dengan batu kapur, sehingga menghasilkan suatu timbunan yang dapat menimbulkan air penyaliran dengan kualitas yang memenuhi baku mutu. Diharapkan dengan menerapkan metode ini pembentukan air asam tambang dapat dihindari.

c. Teknologi Pengolahan Air AsamTambang

Disamping upaya pencegahan atas terbentuknya air asam tambang sebagaimana diuraikan di atas, yang tidak kalah pentingnya untuk dipertimbangkan dalam mengurangi dampak negatif terbentuknya air asam tambang terhadap keberadaan dan kelestarian lingkungan, yaitu dengan menerapkan teknologi pengolahan limbah air asam tambang. Dalam pengelolaan dan pengolahan air asam tambang, hal utama yang harus diperhatikan dan diingat bahwa air asam tambang yang telah terbentuk di dalam lokasi pertambangan, berpotensi dan sangat mungkin dapat mengalir atau dialirkan keluar dari lokasi pertambangan. Terkait dengan hal tersebut, hal prinsip yang harus dilakukan yaitu harus ada tindakan konkrit untuk mengendalikan kondisi air asam tambang tersebut, dengan mengembalikan nilai-nilai parameter kualitas air sehingga menjadi normal kembali, yang sesuai dengan baku mutu air sebagaimana yang diatur dalam Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 1211.K/008/M.Pe/ 1995 sebagaimana yang telah dicanut melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 26 Tahun 2018 tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara.

Secara umum dalam pengolahan air asam tambang biasanya dilakukan dengan cara menetralkan air asam tambang dengan meningkatkan pH airnya, yaitu dengan mencampurkan air asam tambang tersebut dengan bahan kimia yang bersifat basa. Beberapa bahan kimia yang selama ini biasa dipergunakan oleh perusahaan pertambangan dalam menetralkan air asam tambang, diantaranya yaitu: kapur (CaCO_3), hydrated lime (Ca(OH)_2), soda-ash (Na_2CO_3), atau caustic soda (NaOH). Dalam perkembangannya, saat ini untuk pengolahan air asam tambang oleh perusahaan pertambangan dengan menggunakan dua metode teknologi pengolahan, yaitu: secara aktif dan secara pasif.

Teknologi Pengelolaan Aktif

Teknologi pengolahan aktif dilakukan dengan cara netralisasi yaitu proses menetralsir

pH air dengan bahan kimia buatan dan cara aerasi yaitu penambahan oksigen dalam air asam tambang agar kandungan besi dapat dipisahkan melalui proses pengendapan. Luthfi Hidayat (2017; h.49), menyatakan bahwa teknologi pengolahan aktif adalah teknologi yang memerlukan operasi, perawatan dan pemantauan oleh manusia berdasarkan pada sumber energi eksternal dan menggunakan infrastruktur dan sistem yang direkayasa. Terdiri dari: Netralisasi (yang sering termasuk presipitasi logam), penghilangan logam, presipitasi kimiawi, dan penghilangan sulfat secara biologi. Penetrasi yang paling umum digunakan pada perlakuan air asam tambang skala besar adalah kapur, ini karena bahan tersebut tersedia secara komersial, mudah digunakan, teknologi telah terbukti, biayanya murah dan efektif digunakan serta dikelola dengan baik dalam hal kesehatan dan keselamatan kerja

bagi penerapan skala besar. Menambahkan tawas pada air asam tambang sebelum dialirkan kesungai tujuannya untuk menjernihkan air. Sejalan dengan hal tersebut, Nusa Idaman Said (2014; h.124) mengatakan bahwa pengolahan air asam tambang secara aktif (*active treatment*) umumnya menggunakan bahan kimia yang mengandung kapur, bisa dalam bentuk CaCO_3 , Ca(OH)_2 , CaO atau penambahan soda kaustik (NaOH) dan amoniak (NH_3). Lebih lanjut dikatakan bahwa, beberapa bahan kimia yang sering digunakan di dalam pengolahan air asam tambang secara aktif antara lain adalah batu kapur (*limestone*), kalsium hidroksida (*hydrate lime*), Kalsium oksida atau kapur tohor (*quick lime*), soda api atau *caustic soda*, amoniak dan lainnya. Tabel 1 berikut menunjukkan bahan-bahan kimia yang banyak digunakan untuk pengolahan air asam tambang.

Tabel 1. Bahan Kimia Yang Banyak Digunakan Untuk Pengolahan Air Asam Tambang.

Nama Umum	Nama Kimia	Rumus Melekul	Faktor konversi ¹⁾	Efisiensi Netralisasi ²⁾
Batu Kapur (Limestone)	Kalsium Karbonat	CaCO_3	1,00	50%
Hydrate Lime	Kalsium Hidroksida	Ca(OH)_2	0,74	95%
Kapur Tohor (Pebble Quicklime)	Kalsium Oksida	CaO	0,56	90%
Soda Abu (Soda Ash)	Sodium Karbonat	Na_2CO_3	1.06	60%
Soda Api (Caustic soda)	Sodium Hidroksida	NaOH	0,80	100%
Padatan soda api cair 25%	Sodium Hidroksida	NaOH	784	100%
Sodas api cair 50%	Sodium Hidroksida	NaOH	256	100%
Amoniak	Amonia Anhidrous	NH_3	0,34	100%

Sumber data: Nusa Idaman Said (2014; h.124)

Keterangan:

- 1) Faktor konversi dikalikan dengan perkiraan jumlah ton per tahun keasaman (*acidity*) untuk mendapatkan jumlah bahan kimia untuk netralisasi per tahun (ton).
- 2) Efisiensi netralisasi adalah perkiraan efektifitas relatif dari bahan kimia yang digunakan untuk menetralkan air asam tambang (AMD). Sebagai contoh: jika jumlah keasaman (*acidity*) air asam tambang yang akan dinetralkan adalah 100 ton per tahun (sebagai CaCO_3), maka jika dinetralkan dengan menggunakan *hydrate lime* (Ca(OH)_2), perkiraan kebutuhan bahan kimia yang diperlukan adalah $100 \times 0,74/0,95 = 78$ ton per tahun

Teknologi Pengelolaan Pasif

Teknologi pengolahan pasif dilakukan dengan tanpa menggunakan bahan kimia, tetapi sepenuhnya menggunakan proses kimia dan biologi secara alami. Teknologi pengolahan pasif yang biasa dipergunakan oleh perusahaan tambang untuk menetralkan air asam tambang yang ada, secara umum yaitu dengan mengalirkan air asam tambang terlebih dahulu pada areal yang berawa alamiah (*natural wetland*) atau areal rawa buatan (*constructed wetland*). Melalui proses

pengolahan pasif ini, air tambang yang dialirkan pada areal rawa baik alami maupun buatan, dapat dinetralkan secara alami.

Luthfi Hidayat (2017; h.49), menyatakan bahwa Teknologi Pengolahan Pasif merupakan proses pengolahan yang tidak memerlukan intervensi, operasi atau perawatan oleh manusia secara reguler bahan yang biasanya digunakan adalah memakai tumbuhan yang dapat menetralkan pH, yakni purun tikus. Lebih lanjut dikatakan Agus Panca Adi Sucahyo (2018; h.41),

bahwa salah satu penanganan penyebaran logam terlarut dan air asam tambang dilakukan dengan pengelolaan *wetland*. Pada awalnya *wetland* dimanfaatkan sebagai suatu sistem alami untuk tempat penampungan air limpasan permukaan seperti rawa, air payau, tanah gambut. *Wetland* juga diterapkan di daerah kering untuk sarana air bersih. Perkembangan selanjutnya dipakai untuk proses ekosistem alami pada penetralan kualitas air seperti pH dan kandungan logam terlarut dalam air.

Nusa Idaman Said (2014; h.130-134), mengulas secara lebih terperinci mengenai teknologi pengolahan limbah air asam tambang ini, sebagai berikut:

a. Rawa Alamiah (*Natural Wetland*), umumnya ditanami dengan *Sphagnum bogs* di Ohio dan Virginia. Penelitian yang dilakukan oleh Brooks (1985), menemukan fenomena yang sama pada rawa yang ditanami dengan *Typha*.

b. Rawa Buatan (*Constructed Wetland*)

1. Rawa Aerobik (*Aerobic Wetland*).

- Sistem rawa ini ditanami dengan *Typha* dan tanaman rawa lainnya dengan kedalaman < 30 cm, dengan sedimen *impermiabel* yang terdiri dari tanah, lempung, *mine spoil*. Rawa aerobik cocok dipilih untuk kondisi air yang *nett alkaline*, karena sistem ini memberikan aerasi pada air kolam yaitu dengan adanya zona perakaran dari vegetasi.
- Di dalam sistem lahan basah "aerobik", air asam tambang yang akan diolah akan mengalir melalui sela-sela vegetasi dan bercampur dengan udara. Dengan demikian hal ini memungkinkan terjadi oksidasi Fe^{2+} dan membentuk endapan sebagai $FeOOH$.
- Lahan basah aerobik sering digunakan untuk pengolahan air asam tambang dengan tingkat keasaman yang tidak terlalu tinggi (sedang) atau air basa yang mengandung konsentrasi Fe tinggi.

2. Rawa Anaerobik Aliran Horisontal (*Horizontal Flow Anaerobic Wetland*)

- Merupakan modifikasi desain lahan basah aerobik, untuk meningkatkan pH air dan meningkatkan pengendapan logam. Hal ini termasuk penambahan unggun atau tumpukan batu kapur di bawah substrat organik (Hedin, 1994).
- Cara akan mendorong pembentukan alkalinitas bikarbonat (HCO_3^-) karena penguraian senyawa organik oleh mikroba anaerobik pereduksi sulfat dan pelarutan kalsium karbonat.
- Selanjutnya, bikarbonat yang terbentuk

akan menetralkan keasaman air asam tambang dan meningkatkan pH serta meningkatkan pengendapan logam yang larut di dalam asam seperti Fe.

3. Saluran Batu Kapur Anoksik (*Anoxic Limestone Drain*, ALD)

- Salah satu metode yang digunakan untuk memperkecil atau mengurangi ukuran lahan basah untuk pengolahan air asam tambang adalah dengan melakukan pengolahan awal (*pre-treatment*) menggunakan saluran kapur anoksik (ALD).
- ALD adalah parit diisi dengan batu kapur (*limestone*) yang dapat dengan cepat menghasilkan alkalinitas bikarbonat akibat pelarutan batu kapur. Air asam yang mengalir melalui parit melarutkan batu kapur dan melepaskan bikarbonat alkalinitas.
- Saluran anoksik batu kapur mengandung batu kapur terlarut dengan kondisi anoksik yang mampu memproduksi bikarbonat. ALD merubah air asam tambang menjadi air dengan pH 6 - 7,5 melalui penambahan alkalinitas bikarbonat (*bicarbonate alkalinity*).

4. Sistem Aliran Vertical (*Vertical Flow System*)

- Sering juga disebut dengan sistem produksi alkalinitas berlanjut (*successive alkalinity producing systems*, SAPS). Sistem ini merupakan kombinasi antara rawa anaerobik dan ALD yang bertujuan untuk saling menutupi kekurangan yang ada pada kedua sistem tersebut.
- Prinsip dasar sistem aliran vertikal sama dengan *anaerobic wetland*, tetapi terdapat penambahan saluran pada lapisan batu kapur agar air asam tambang mengalami kontak langsung dengan material organik dan batu kapur. Arah aliran air asam tambang menuju ke bawah secara meresap di dalam kolam yang terdiri dari material organik dan melalui lapisan batu kapur.
- Dibandingkan dengan rawa anaerobik aliran horisontal, sistem ini lebih baik karena dapat meningkatkan interaksi antara AMD dengan batu kapur dan zat organik. Di bawah lapisan batu kapur terdapat pipa yang mengalir ke kolam aerobik dimana terjadi reaksi terhadap logam. Sistem ini memiliki drainase dengan konstruksi mendatar dan berdiri untuk menjaga kedalaman air dan menjaga lapisan organik dan batu kapur tetap tenggelam.

5. Saluran Batu Kapur Terbuka (*Open Limestone Channel, OLC*)
 - Sistem saluran terbuka batu kapur cukup efektif sebagai pra-pengolahan air asam tambang untuk menurunkan konsentrasi Fe dan memproduksi alkalinitas. Saluran terbuka yang berisi batu kapur terlarut akan mengolah air asam menjadi air basa (Ziemkiewicz,1994). Namun sistem ini kurang tepat untuk pengolahan yang berdiri sendiri dan biasanya diaplikasikan seri dengan sistem lain.
 - Panjang saluran dan kemiringan saluran dibuat agar terjadi turbulensi dalam aliran. Desain optimum adalah dengan kemiringan lebih besar daripada 20%, sehingga terjadi kecepatan yang dapat mengatur terjadinya reaksi dalam aliran.
6. Sumur Pembagi (*Diversion Wells*)
 - Air dimasukkan ke dalam pipa untuk dialirkan ke sumur yang mengandung batu kapur dengan arah aliran ke atas. Kecepatan aliran harus cukup cepat sehingga air asam tambang dapat bercampur dengan partikel batu kapur.
 - Air asam akan larut dalam batu kapur untuk peningkatan alkalinitas, dan dihasilkan flok logam dengan proses hidrolisis dan netralisasi.

4.Simpulan

- a. Air asam tambang (*Acid Mine Drainage*) merupakan limbah yang mencemari lingkungan yang terbentuk karena adanya kegiatan pertambangan, dan merupakan air yang memiliki tingkat kasaman yang tinggi, yaitu dengan nilai pH berada di bawah 6. Dalam kegiatan pertambangan batubara, air asam tambang terbentuk akibat teroksidasinya mineral sulfida pyrite dan marcasite (FeS_2) yang berasal dari permukaan batuan batubara dan tercampur dengan air, yaitu air hujan maupun air tanah yang ada pada lokasi pertambangan batubara tersebut.
- b. Terbentuknya air asam tambang menimbulkan dampak negatif, diantaranya yaitu: (1) bagi masyarakat sekitar; (2) bagi biota perairan; (3) bagi kualitas air permukaan; dan (4) bagi kualitas air tanah.
- c. Untuk pencegahan atau menghambat terbentuknya air asam tambang pada kegiatan pertambangan batubara, prinsip utama yang harus diperhatikan adalah mengurangi terjadinya kontak antara unsur-unsur yang mempengaruhi terbentuknya air asam tambang, yaitu: mineral sulfida yang berfungsi sebagai pirit yang dihasilkan dari permukaan

batuan batu bara, air dan oksigen.

- d. Pengolahan air asam tambang secara umum dilakukan dengan cara menetralkan air asam tambang dengan meningkatkan pH airnya. Saat ini untuk pengolahan air asam tambang, dilakukan dengan menggunakan metode teknologi pengolahan aktif yaitu dengan cara netralisasi yaitu proses menetralsir pH air dengan bahan kimia buatan dan metode teknologi pengolahan pasif yaitu dengan tanpa menggunakan bahan kimia, tetapi sepenuhnya menggunakan proses kimia dan biologi secara alami.

Saran

Untuk mendapatkan data dan informasi yang lebih komprehensif, perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui tingkat pencemaran air asam tambang pada suatu perusahaan pertambangan dan sejauh mana pengaruhnya terhadap kelestarian lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Panca Adi Sucahyo, Waterman Sulistyana Bargawa, Mohammad Nurcholli & Tedy Agung Cahyadi. 2018. Penerapan *Wetland* Untuk Pengelolaan Air Asam Tambang. KURVATEK Vol.03. No. 2, November 2018, pp.41-46 ISSN: 2477-7870.
- Andrawina, Rika Ernawati, Tedy Agung Cahyadi, Waterman SB & Nur Ali Amri. 2020. Penerapan Metode *Constructed Wetland* dalam Upaya Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang pada Penambangan Batubara, Berdasarkan *Literatur Review*. Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XV Tahun 2020 (ReTII) Oktober 2020, pp. 201~207 ISSN: 1907-5995.
- Gatot Supramono. 2012. *Hukum Pertambangan Mineral dan Batu Bara di Indonesia*. PT Rineka Cipta. Jakarta
- Hedin, Kleinmann. 1994. *Passive Treatment of Coal Mine Drainage*. Bureau of Mines Inf. Circ. IC9389. US. Dep. of the Int., Bureau of Mines, Washington, DC.
- Ignasius Nartoris Tom, A. A. Inung Arie Adnyano & Erry Sumarjono. 2020. Kajian Teknis Pencegahan dan Penanganan Air Asam Tambang Pada Penambangan Batubara PT Kayan Putra Utama Coal – Site Separi. *Mining Insight*, Vol. 01, No. 02, September 2020, pp. 203-210 ISSN: 2622-268X

Lutfi Hidayat. 2017. Pengelolaan Lingkungan Areal Tambang Batubara (Studi Kasus Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mining Drainage) di PT. Bhumi Rantau Energi Kabupaten Tapin Kalimantan Selatan). *Jurnal ADHUM Vol. VII No. 1, Januari 2017*

Muhammad Agung Andika O, Lagowa, M. I., & Tambupolon, G. (2020). Kajian Teknis dan Ekonomis Pengaruh Jenis Kapur dalam Upaya Pengelolaan Air Asam Tambang (AAT). *JTK (Jurnal Teknik Kebumihan)*, 5(2), 29-36. <https://doi.org/10.22437/jtk.v5i2.8158>

Nusa Idaman Said. 2014. Teknologi Pengelolaan AAT. BPPT: Pusat Teknologi Lingkungan. JAI Vol.7 No. 2, 2014.

Skousen, 1990. Acid mine drainage treatment

systems: chemicals and costs. *Green Lands* 20.

Susan Nadya Irawan, Idiannor Mahyudin, Fakhur Razie & Susilawati. 2016. Kajian Penanggulangan Air Asam Tambang Pada Salah Satu Perusahaan Pemegang Ijin Usaha Pertambangan Di Desa Lemo, Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah. *EnviroScienteeae* Vol. 12 No. 1, April 2016. p-ISSN 1978-8096. e-ISSN 2302-3708.

Yudya Ananda. 2022. *Kerusakan Lingkungan Akibat Kegiatan Penambangan Emas Illegal di Kabupaten Murung Raya (Kalteng)*. *Jurnal Masalah lingkungan* Vol. 1 No. 1 (2022): Pendidikan lingkungan hidup-AKBK3308. Pusat Publikasi S-1 Pendidikan IPS FKIP ULM.