

ANALISIS GEOKIMIA UNTUK MENENTUKAN POTENSI PEMBENTUKAN AIR ASAM TAMBANG (AAT) PADA *OVERBURDEN* BATUBARA DI PT. BUMI MERAPI ENERGI

*Iqbal Armanda*²¹, *Dania Rizkie*²², *Aprilliana*²³

Email Korespondensi: daniarizkie@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi pembentukan Air Asam Tambang (AAT) pada *overburden* batubara di PT. Bumi Merapi Energi, Lahat, Sumatera Selatan. AAT terbentuk akibat paparan udara dan air pada *overburden* yang mengandung mineral sulfida, sehingga membahayakan lingkungan. Untuk mencegahnya, langkah penting yang dilakukan adalah mengidentifikasi material pembentuk asam (*Potential Acid-Forming/PAF*) dan non asam (*Non Acid-Forming/NAF*). Metodologi penelitian menggunakan analisis geokimia terhadap empat sampel *overburden* (batulempung, batupasir, batulempung karbonan, dan batulanau) menggunakan teknik grab sampling. Sampel diuji secara statis, meliputi pH slurry, total sulfur, *Acid Neutralization Capacity* (ANC), dan *Net Acid Generation* (NAG). Klasifikasi material sebagai PAF atau NAF didasarkan pada metode *Net Acid Producing Potential* (NAPP) dan *Net Acid Generation* (NAG). Hasil pengujian menunjukkan keempat sampel batuan tergolong material PAF. Meskipun batupasir dan batulanau memiliki nilai ANC tertinggi (25,16) dibandingkan batulempung dan batulempung karbonan (12,41). Kemampuan penetralan asam yang minim berpotensi memicu terbentuknya AAT di area penelitian.

Kata kunci: PAF, NAF, AAT, NAG pH, NAPP.

Abstract: This study aims to analyze the potential for the formation of Acid Mine Drainage (AMD) in coal *overburden* at PT. Bumi Merapi Energi, Lahat, South Sumatra. AMD is formed due to exposure to air and water on *overburden* containing sulfide minerals, thus endangering the environment. To prevent this, an important step is to identify acid-forming (*Potential Acid-Forming/PAF*) and non-acid (*Non-Acid-Forming/NAF*) materials. The research methodology uses geochemical analysis of four *overburden* samples (claystone, sandstone, carbonaceous claystone, and siltstone) using a grab sampling technique. Samples were tested statically, including slurry pH, total sulfur, *Acid Neutralization Capacity* (ANC), and *Net Acid Generation* (NAG). The classification of materials as PAF or NAF is based on the *Net Acid Producing Potential* (NAPP) and *Net Acid Generation* (NAG) methods. The test results indicate that all four rock samples are classified as PAF materials. Although sandstone and siltstone have the highest ANC values (25.16) compared to claystone and carbonaceous mudstone (12.41), their minimal acid-neutralizing capacity has the potential to trigger the formation of AAT in the study area.

Keywords: PAF, NAF, AMD, NAG pH, NAPP

²¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Tridini.

^{22,23} Dosen Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Tridini.

PENDAHULUAN

Aktivitas Penambangan batubara berupa penggalian dapat merubah bentuk permukaan bumi karena terjadi aktivitas pengerukan lapisan batubara di bawahnya. Lapisan tanah yang dikupas ini disebut *overburden*, lapisan ini kemudian dipindahkan menuju ke area penimbunan atau digunakan untuk menimbun kembali bekas tambang. (Gautama, 2014)

Air Asam Tambang (AAT) atau *Acid Mine Drainage* (AMD) merupakan limbah cair berkarakteristik khusus yang terbentuk sebagai dampak sekunder dari kegiatan pembongkaran

batuan pada industri pertambangan. AAT ditandai dengan tingkat keasaman yang tinggi, serta tingginya kandungan logam berat terlarut seperti besi (*Fe*), mangan (*Mn*), dan aluminium (*Al*) (Dold, 2020).

Pembentukan Air Asam Tambang (AAT) merupakan salah satu isu lingkungan yang paling krusial dan berjangka panjang dalam industri pertambangan. Secara geokimia, isu ini berakar dari karakteristik material penyusun *overburden* yang kaya akan mineral sulfida. Ketika aktivitas penggalian dan penambangan mengekspos lapisan *overburden*

ke atmosfer, mineral sulfida yang terkandung di dalamnya teroksidasi secara cepat akibat interaksi langsung dengan udara dan air secara terus-menerus (Rizkie, 2024).

Laju oksidasi ini sering kali dipercepat oleh peran aktivitas mikrobiologi lokal, seperti *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Tanpa adanya identifikasi geokimia yang akurat dan penanganan batuan yang tepat (seperti pemisahan material *Potentially Acid Generating* /PAF dan *Non-Acid Generating* / NAF), limpasan AAT dapat berlangsung hingga dekade pascabencana penambangan, sehingga membutuhkan perencanaan pengelolaan batuan penutup yang matang sejak tahap eksplorasi. (Polawan, 2017)

TINJAUAN PUSTAKA

AAT sangat berbahaya karena melarutkan ion logam berat seperti raksa, timbal, dan arsen yang terkandung dalam batuan, mencemari air, dan membahayakan biota air dari tingkat terendah hingga tertinggi (Wahyudin, 2018)

Air asam tambang dapat dicegah dengan dua cara, yaitu kimia (geokimia) dan fisik (geoteknik). Secara fisik, pencegahannya berfokus pada penghambatan penyebaran zat-zat pencemar ke sumber air. Hal ini bisa dilakukan melalui berbagai cara, seperti daur ulang, pengolahan, serta pengamanan dan penanganan material limbah. Salah satu penanganan material limbah yang penting adalah memisahkan material yang bisa membentuk asam dari yang tidak. Setelah dipisahkan, material pembentuk asam kemudian diolah dengan metode enkapsulasi, yaitu proses pembungkusan untuk mencegah zat-zat berbahaya keluar (Gautama, 2019).

Untuk mencegah dari pembentukan AAT, maka perlu dilakukan analisis dan identifikasi pada batuan yang berpotensi menghasilkan asam (Potential Acid-Forming atau PAF) dan yang batuan yang tidak berpotensi (Non Acid-Forming atau NAF). Material hasil penggalian dari PT. Bumi Merapi Energi menunjukkan adanya keterdapatan dari lapisan potensi asam dengan litologi berupa batulempung dan batupasir (Rizkie, 2024)

Karakterisasi geokimia merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui potensi AAT. Metode ini melibatkan beberapa tahap pengujian, yaitu pH pasta, Net Acid

Generation (NAG), dan Net Acid Production Potency (NAPP). Suatu material diklasifikasikan sebagai PAF jika memiliki pH NAG di bawah 4,5 dan NAPP di atas nol, sedangkan material NAF memiliki pH NAG di atas 4,5 dan NAPP di bawah nol. Material yang tidak memenuhi kriteria tersebut dikategorikan sebagai "Uncertain" (Polawan, 2017)

Pengelompokan material batuan ke dalam kategori *Potentially Acid Forming* (PAF), *Non-Acid Generating* (NAF), serta *Uncertain* memegang peranan yang sangat vital sebagai fondasi utama dalam merumuskan strategi pengelolaan batuan penutup (*overburden management*) yang berkelanjutan di area penambangan. Pemahaman mendalam terhadap proporsi dan sebaran material-material tersebut memungkinkan perancangan tata kelola timbunan (*waste dump design*) yang presisi dan proaktif. Material yang terklasifikasi sebagai PAF membutuhkan prosedur penanganan khusus guna meminimalisasi risiko pembentukan Air Asam Tambang (AAT). Metode mitigasi yang umum diterapkan meliputi penimbunan secara selektif melalui teknik enkapsulasi (*encapsulation*), di mana material PAF dibungkus dan diisolasi secara sempurna oleh lapisan material NAF yang memiliki permeabilitas rendah sehingga mampu menahan infiltrasi air serta difusi oksigen. Selain itu, opsi pencegahan lain dapat dilakukan melalui penerapan penutup basah (*wet cover* atau *water cover*) untuk menciptakan kondisi anoksik, yang secara efektif memutus kontak dan interaksi kimiawi antara mineral sulfida, oksigen atmosfer, dan air (Taylor & Miller, 2006).

METODE PENELITIAN

Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup penentuan desain penelitian, populasi dan sampel, lokasi dan waktu pelaksanaan, instrumen, serta tahapan prosedur penelitian. Fokus utama penelitian ini tertuju pada karakterisasi sampel batuan penutup (*overburden*) dari PT Bumi Merapi Energi. Sebanyak empat sampel batuan penutup diambil secara langsung dari area front penambangan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Prosedur pengambilan sampel batuan penutup (*overburden*) di lapangan dilaksanakan secara sistematis menerapkan teknik *grab sampling* pada empat variasi litologi utama yang mewakili karakteristik stratigrafi daerah penelitian. Pengambilan sampel material secara acak namun terwakili ini dilakukan menggunakan sekop kecil higienis dengan cara mengambil sampel secara langsung dari permukaan lapisan *overburden* yang tersingkap pada *front* penambangan. Guna mencegah terjadinya interaksi langsung dengan udara luar yang berpotensi memicu oksidasi Dini serta menjaga kelembapan alami sampel, seluruh sampel yang diperoleh segera dimasukkan dan dipadatkan ke dalam wadah plastik kedap udara (*polythene bag*) yang terikat rapat.

Selanjutnya, seluruh sampel yang telah terkumpul dikirim ke laboratorium untuk menjalani serangkaian pengujian statis guna mengarakterisasi potensi pembentukan asamnya, meliputi pengujian pH *slurry*, kadar total sulfur, *Acid Neutralizing Capacity* (ANC), dan *Net Acid Generation* (NAG). Dalam pelaksanaannya, prosedur pengukuran pH *slurry* dijalankan dengan ketat mengadopsi standar internasional AMIRA P387A, sedangkan analisis untuk penentuan kadar total sulfur, kapasitas netralisasi asam (ANC), dan pH NAG dilakukan sesuai dengan ketentuan standar nasional SNI 6597:2011.

Dalam upaya mengidentifikasi serta mengelompokkan karakteristik geokimia lapisan batuan penutup ke dalam kategori *Potentially Acid Forming* (PAF) maupun *Non-Acid Generating* (NAF), penelitian ini mengandalkan pendekatan analisis berbasis nilai *Net Acid Production Potency* (NAPP). Proses determinasi dan klasifikasi potensi keasaman ini tidak hanya

bertumpu pada satu nilai tunggal, melainkan didasarkan pada korelasional serta komparasi silang antara nilai NAPP hasil kalkulasi kuantitatif ($1\% S = 30,6 \text{ kg H}_2\text{SO}_4/\text{ton}$) dengan parameter pH *Net Acid Generation* (NAG) yang diperoleh dari pengujian titrasi di laboratorium. Rincian kriteria pengelompokan material, ambang batas parameter, serta batasan kategori keasaman tersebut disajikan secara komprehensif pada Tabel 1, dengan mengadopsi standar dan panduan klasifikasi geokimia dari AMIRA (2002).

Tabel 1. Klasifikasi Lapisan PAF dan NAF (AMIRA. 2002)

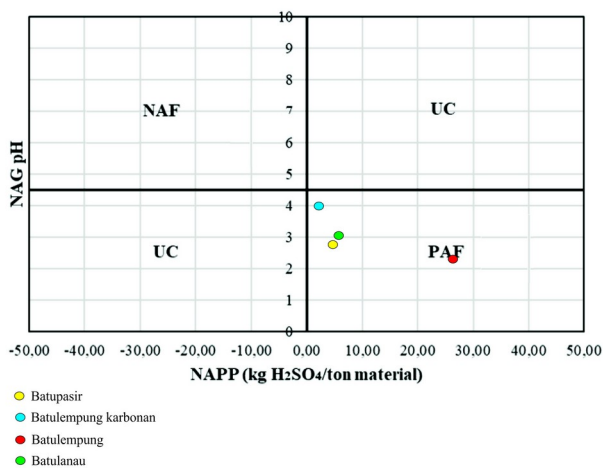
Parameter	Kriteria
$\text{NAPP} \leq 0 \text{ dan } \text{NAGpH} \geq 4,5$	NAF
$\text{NAPP} > 0 \text{ dan } \text{NAGpH} < 4,5$	PAF
$\text{NAPP} > 0 \text{ dan } \text{NAGpH} > 4,5$ Atau $\text{NAPP} \leq 0 \text{ dan } \text{NAGpH} < 4,5$	Uncertain

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keseluruhan data hasil pengujian dan karakterisasi laboratorium yang dianalisis menggunakan pendekatan metode *Net Acid Production Potency* (NAPP) disajikan secara rinci dan terstruktur pada Tabel 2. Tabel tersebut merangkum serangkaian parameter geokimia utama yang mencakup jenis litologi batuan, ketebalan kumulatif lapisan, nilai pH pasta sebagai indikator keasaman awal, serta kandungan total sulfur. Selain itu, parameter kuantitatif seperti kapasitas netralisasi asam (*Acid Neutralizing Capacity*/ANC), potensi keasaman maksimum (*Maximum Potential Acidity*/MPA), nilai NAPP, dan nilai pH *Net Acid Generation* (NAG) juga disajikan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai sifat geokimia material. Berdasarkan kombinasi parameter-parameter tersebut, penentuan klasifikasi geokimia serta pengelompokan tipe material batuan selanjutnya dianalisis dengan mengacu pada kriteria dan ambang batas standar AMIRA (2002), seperti yang diilustrasikan pada diagram kerangka klasifikasi pada Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Uji Statik

Lithology	Sampel			
	Batu lempung	Batupasir	Batulempung Karbonan	Batulanau
Total Ketebalan(m)	38	16,4	13,8	31
pH Pasta	5,59	6,02	7,17	6,03
TS	1,29	0,98	1,29	0,97
ANC	12,41	25,16	12,41	25,16
MPA	39,47	29,96	39,47	29,96
NAPP	27,06	4,83	27,06	4,83
pH NAG	2,53	2,92	2,53	2,95
Keterangan	PAF	PAF	PAF	PAF



Gambar 2. Klasifikasi Jenis Batuan

Data yang disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa empat sampel yang telah dilakukan uji statik menggunakan metode NAPP menunjukkan material Potentially Acid Forming (PAF) adalah batulempung dengan nilai pH NAG 2.53 dan NAPP 27.06. Material PAF juga ditemukan pada batupasir dengan nilai pH NAG 2.92 dan NAPP 4.83, dan batulempung karbonan dengan nilai pH NAG 2.53 dan NAPP 27.06. Selain itu material PAF juga tersebar pada batulanau, yang menunjukkan nilai pH NAG 2.95 dan NAPP 4.83.

Kemampuan dari batuan untuk dapat menetralkan asam, yang dikenal sebagai Acid Neutralization Capacity (ANC), adalah faktor utama dalam menekan potensi keasaman. Semakin tinggi nilai ANC, semakin besar kemampuan batuan untuk menekan pembentukan asam, hasil uji statik

menghasilkan nilai ANC yang kecil, sehingga perhitungan menggunakan metode NAPP menunjukkan nilai pH NAG yang relatif kecil (<4,5) sehingga masuk dalam kategori material Potentially Acid Forming (PAF).

Berdasarkan analisis, batu pasir dan batulanau memiliki nilai ANC tertinggi (25.16), tetapi masih kurang efektif dalam menekan potensi keasaman batuan. Hal ini serupa dengan batulempung dan batulempung karbonan (12.41) yang memiliki nilai ANC yang lebih rendah. Kemampuan penetralan asam yang tidak memadai pada keempat litologi ini menyebabkan laju pembentukan asam yang tinggi berdasarkan perhitungan metode NAPP. Kondisi ini menunjukkan potensi tinggi untuk menghasilkan Air Asam Tambang (AAT).

Berdasarkan evaluasi geokimia secara menyeluruh, material penyusun lapisan batuan penutup (*overburden*) di daerah penelitian terklasifikasi sebagai *Potentially Acid Forming* (PAF). Lapisan *overburden* tersebut tersusun atas kombinasi beberapa litologi dengan variasi ketebalan, meliputi batulempung (38 m), batulanau (31 m), batupasir (16,4 m), serta batulempung karbonan (13,8 m). Tingginya proporsi material PAF pada stratigraphic column ini mengindikasikan perlunya strategi pengelolaan batuan penutup yang ketat guna mengantisipasi risiko pembentukan Air Asam Tambang (AAT).

SIMPULAN

Hasil analisis geokimia menunjukkan bahwa batupasir dan batulanau hanya memiliki nilai *Acid Neutralizing Capacity* (ANC) maksimum sebesar 25.16 kg H₂SO₄, sehingga kapasitas penetralannya relatif terbatas dalam menekan potensi keasaman yang terbentuk. Kondisi serupa dijumpai pada unit batulempung dan batulempung karbonan yang mencatatkan nilai ANC sangat rendah, yaitu sebesar 12,41 kg H₂SO₄. Rendahnya kemampuan netralisasi alami (*self-buffering capacity*) pada seluruh unit litologi ini mengakibatkan tingginya potensi keasaman bersih berdasarkan kalkulasi *Net Acid Production Potency* (NAPP), yang secara signifikan meningkatkan risiko pembentukan Air Asam Tambang (AAT) di wilayah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- AMIRA International, 2002, ARD Test Handbook: Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage, AMIRA P387A; Ian Wark Research Institute and Environmental Geochemistry International Ltd.: Melbourne, Australia.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI 6597:2011 tentang Uji Statik Pengidentifikasian Sumber Air Asam Tambang
- Dold, B. (2020). Acid Rock Drainage (ARD) and Environmental Geochemistry of Mine Wastes: Progress and Challenges. *Minerals*, 10(9), 781.
- Gautama, R.S., Novianti, Y. S., dkk. 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
- Gautama, R. S. 2019. Pembentukan, Pengendalian, dan Pengelolaan Air Asam Tambang. ITB Press.
- Polawan Malim Sutan. S, 2017, Identifikasi Air Asam Tambang Melalui Metode Uji Statik Pada Tambang Batubara, Jurnal "Gerbang Etam" Balitbangda Kabupaten Kukar Vol. 11 No.1. Said, N.I., 2014, Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara "Alternatif Pemilihan Teknologi", *J. Air Indonesia*, 7(2), 119-138.
- Rizkie, D. 2024. Pemodelan Penyebaran Material PAF dan NAF, Serta Prediksi Pembentukan AirAsam Tambang Pada Pt. Bukit Asam Pit 2 Site Bangko Barat. Tesis. Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Rizkie, D. 2024. Karakterisasi Geokimia Overburden Tambang Batubara Dengan Metode NAPP Di Area PT. Bukit Asam, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Ranah Research*, 8 (3), 2218-2222
- Taylor, G., & Miller, S. (2006). Environmental Management of Sulfidic Mine Wastes. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME), Englewood, Colorado.
- Wahyudin, I., Widodo, S., Nurwaskito, A., 2018, Analisis Penanganan Air Asam Tambang Batubara, *J.Geomine*, 6(2), 85-89.