

**IDENTIFIKASI BATUAN PAF, NAF DAN UNCERTAIN DENGAN
MENGUNAKAN METODE NTAPP PADA AREA PT. TRUBAINDO COAL
MINING, MELAK-KALIMANTAN TIMUR**

**Identification Rock of Paf, Naf and Uncertain Using the NTAPP Method in The Area of
PT. Trubaindo Coal Mining, Melak-East of Kalimantan**

Alfian Irviansyah¹, Saibun Sitorus², Aman Sentosa Panggabean^{2*}

¹Magister Program, Department of Chemistry, Mulawarman University, Samarinda, 75119,
East Kalimantan, Indonesia

²Department of Chemistry, Mulawarman University, Samarinda, 75119, East Kalimantan, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: amanspanggabean@yahoo.com

Received: Nov. 2019 Published: Jan. 2020

ABSTRACT

The research about identification of PAF, NAF and uncertain rock using NTAPP method in the PT. Trubaindo Coal Mining has been done. This research was conducted as an effort to control the potential for the formation of acid mine drainage, with identifying the types of mine rocks using certain testing methods. Some important parameters such as Total Sulfur Level, Slurry pH, Total Actual Acidity (TAA), Chromium Reducible Sulfur (CRS) and Acid Neutralizing Capacity (ANC) using the NTAPP method on mine rocks have been determined to identify mining rock category categories. Based on the results of tests on 101 samples, 63 samples were identified included in the category of rocks that are not NAF (Slurry pH value = 4.1 - 8.9; Total Sulfur = 0.01-0.60 %; CRS = 0.01-0.10 % and NTAPP = 0.030-0.959 %), 38 samples were classified as PAF (pH Slurry = 2.9-7.9; Total Sulfur = 0.01-5.10 %; CRS = 0.11-2.04 % and NTAPP = 0.053-4.571 %), and no sample was included in the uncertainty category. The NTAPP testing method can facilitate the geology team to enter data in rock modeling software to control the potential for acid mine drainage formation through PAF and NAF by rock pile management in the former mine disposal area of PT. Trubaindo Coal Mining.

Keywords: ARD, Coal, NAF, NTAPP method, PAF.

PENDAHULUAN

Pertambangan batubara telah banyak melibatkan beberapa perusahaan baik Perusahaan Modal Asing (PMA) maupun Perusahaan Modal Dalam Negeri (PMDN), yang melakukan aktivitas kegiatannya di berbagai wilayah di seluruh Indonesia. Proses yang umum dilakukan dalam penambangan batubara meliputi aktivitas penggalian lapisan tanah dalam usaha pengambilan batubara yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan industri dan masyarakat. Proses penambangan umumnya dilakukan dengan dua teknik yaitu teknik *open pit* dan Teknik *underground*. Kedua teknik penambangan ini, dapat menghasilkan air limbah yang bersifat asam yang biasa disebut sebagai Air Asam Tambang (*Acid Mine Drainage*) (Abfertiawan, 2016; Warwick, 2005). Namun proses kegiatan tersebut dapat berdampak negatif seperti berubahnya

tampak dataran bumi dan yang paling dominan adalah timbulnya Air Asam Tambang (AAT) atau dengan nama lain dikenal dengan *Acid Rock Drainage* (ARD) atau *Acid Mine Drainage* (AMD) (Nasir dkk., 2014; Anshariah dkk., 2015).

AAT ini dapat terjadi akibat reaksi oksidasi antara mineral sulfida yang mungkin terdapat dalam batubara dengan oksigen bebas yang ada di udara pada lingkungan berair (Said, 2014). Mikroorganisme juga berperan dalam pelarutan logam sulfida menghasilkan AAT (Male dkk., 2019). Limbah AAT ini akan menjadi permasalahan yang sangat serius dan harus diselesaikan oleh perusahaan pertambangan, karena di era sekarang setiap perusahaan harus juga berwawasan lingkungan. Limbah AAT dapat mengubah kondisi lingkungan, salah satu diantaranya adalah berdampak pada menurunnya kualitas air tanah yang terkontaminasi oleh limbah tersebut. Air yang naik ke permukaan,

apabila sampai ke badan perairan akan memberikan dampak negatif kepada biota-biota perairan, mulai dari tingkat terendah hingga konsumen tertinggi (Islamunisa dkk., 2018; Wahyudin dkk., 2018). Pada akhirnya akibat limbah AAT ini akan sangat berpengaruh terhadap masyarakat yang tinggal di sekitar daerah aliran sungai yang menggunakan air sungai untuk keperluan sehari-hari (Sayoga, 2007).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mencegah terjadinya reaksi antara mineral sulfida dengan air dan udara. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan mengidentifikasi keberadaan jenis batuan yang berpotensi pembentuk keasaman (*Potential Acid Forming*, PAF) dan yang tidak berpotensi pembentuk keasaman (*Non Acid Forming*, NAF) (Scott *et al*, 2000). Penentuan jenis batuan menggunakan Uji Statik adalah dengan Metode Pengujian NAPP (*Net Acid Potential Produce*). Metode Pengujian NAPP adalah metode pencegahan pembentukan AAT dengan cara mengidentifikasi jenis batuan yang diduga mengandung mineral sulfida (Ian *et al*, 2007).

Metode Pengujian NAPP tersebut memiliki beberapa kelemahan, yaitu hasil identifikasi PAF dan NAF memiliki ketidakpastian (*Uncertainty*) yang tinggi. Kondisi ini mengakibatkan setiap laboratorium pengujian kesulitan memperkirakan apakah sampel tanah tersebut berpotensi menghasilkan air asam tambang. Untuk mengatasi kelemahan ini beberapa laboratorium mengembangkan teknik pengujian baru yaitu dengan Metode Pengujian *Net Total Acid Producing Potential* (NTAPP). Metode ini terdiri dari Tahapan Penentuan pH *Slurry*, Penentuan *Total Actual Acidity* (TAA), Penentuan *Chromium Reducible Sulphur* (CRS), Penentuan *Acid Neutralizing Capacity* (ANC) dan Penentuan *Total Sulfur*. Metode tersebut dapat mengatasi kelemahan metode NAPP. Salah satunya adalah munculnya klasifikasi jenis batuan yang tidak tergolong dalam PAF dan NAF, atau yang biasa disebut UC (*Uncertain*) (Mills, 2001; Sari dkk., 2016).

Berdasarkan latar belakang di atas maka pada penelitian ini telah dilakukan identifikasi sampel batuan di area PT.Trubaindo Coal Mining dengan metode analisis NTAPP untuk mengurangi potensi munculnya klasifikasi batuan UC sehingga memudahkan untuk identifikasi PAF dan NAF pada area tambang PT.Trubaindo Coal Mining.

METODOLOGI

Penelitian ini bersifat Observasi lapangan dan dilanjutkan dengan analisis Laboratorium. Metode yang digunakan untuk penentuan PAF dan NAF adalah dengan Metode NTAPP. Metode NTAPP ini dilakukan dengan tahapan penentuan pH *Slurry*, TAA, CRS, ANC dan TS.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah LECO Sulfur S144DR, Neraca Analitik (Ohaus), Drying Sheed, Rotary Sample Divider, Jaw Crusher, *Raymond Mill*, peralatan gelas laboratorium standar, *hot plate*, pengaduk digital dan *magnetic* dan pH meter (Orion), pengolah data OriginPro 8.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sampel Tanah, bubuk *Chrom*, etanol, KCl, hidrogen peroksida (H_2O_2), HCl, NaOH, $Zn(CH_3COO)_2$, amilum, I_2 dan aquadest.

Teknik Pengujian *Net Acid Produce Potential* (NTAPP)

pH Slurry

Sampel tanah ditimbang sebanyak 4 g dan dimasukkan ke dalam botol plastik, kemudian ditambahkan 20 mL akuades pada sampel dan dimasukkan ke dalam botol ekstraksi. Selanjutnya dilakukan proses ekstraksi sampel dengan menggunakan bantuan alat pengaduk digital dan *magnetic* selama 1 jam, didiamkan selama 1 jam. pH larutan diukur dengan alat pH meter.

Total Actual Acidity (TAA)

Sampel tanah ditimbang sebanyak 2 g menggunakan neraca analitis (dicatat beratnya dengan teliti). Ditambahkan 80 mL KCl 1 M, lalu dimasukkan pada botol sampel. Sampel larutan diekstraksi menggunakan alat pengaduk digital dan *magnetic* selama 4 jam. Selanjutnya larutan didiamkan selama 12 jam. Hal yang sama dilakukan selama periode 5 menit untuk mengkocok botol yang berisi larutan sampel. pH larutan sampel diukur, dimana yang diukur hanya pada larutan sampel yang tersuspensi.

Chromium Reducible Sulfur (CRS)

Sebanyak $1,0 \pm 0,01$ g sampel tanah atau bebatuan ditimbang pada Erlenmeyer CRS. Ditambahkan $1,0 \pm 0,1$ g bubuk *Chrom* dan 10 mL etanol. Selanjutnya erlenmeyer yang berisi larutan

sampel dipasang ke dalam sistem destilator yang bersebelahan dengan erlenmeyer yang berisi 40 mL larutan penangkap zink asetat ($Zn(CH_3COO)_2$) dan kedua erlenmeyer dihubungkan dengan kondesor pada alat destilasi. Pastikan kondensor yang berisi air pendingin berfungsi sebagaimana fungsinya, dan dan semua pereaksi bercampur sempurna pada HCl 6M. Pada sistem destilasi dipastikan aliran gas N_2 , dengan melakukan pengaturan gas agar didapat ketentuan setiap detiknya terjadi 3 kali terbentuknya gelembung dan berlangsung selama 3 menit. Pada alat destilasi dilakukan pengaliran 60 mL HCl 6M yaitu dengan cara melakukan penekanan pada tombol pompa. Sampel dipanaskan selama 35 menit, lalu ditambahkan 20 mL HCl 6M ke dalam larutan hasil destilasi. Ditambahkan $\pm 0,3$ g indikator amilum, lalu dititrasi dengan larutan standar I_2 hingga warna ungu pekat. dilakukan pencatatan volume Iodium.

Acid Neutralizing Capacity (ANC)

Sebanyak 1,0 g sampel tanah, ditimbang dalam gelas piala 250 mL, lalu ditambahkan dengan 50 mL akuades dan 25 mL HCl 0,1M. Campuran larutan dipanaskan menggunakan *hot plate* selama 2 menit, kemudian didinginkan pada temperatur ruangan. Setelah dingin larutan sampel diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet dan dilakukan pengukuran pH larutan sampel. Apabila mencapai pH = 3, dilakukan penambahan kembali 25 mL HCl 0,1M. Prosedur yang sama dilakukan hingga pH larutan < 3. Larutan dititrasi dengan NaOH 0,1 N hingga mencapai pH 7, dicatat banyaknya volume NaOH yang digunakan.

Total Sulphur (TS)

Tahapan pengukuran nilai TS dilakukan di dalam peralatan LECO Sulfur S144DR. Prosedur kerja dilakukan dengan melakukan penimbangan kosong *crucible* contoh/sampel dengan berat sampel tanah $\pm 0,2500$ g ($\pm 0,0002$ g), sampel diletakkan merata pada *crucible*. Setiap pengukuran dilakukan duplo untuk setiap sampel. Setelah diperoleh pembacaan yang konstan, ditekan tombol *Analyze* sehingga proses analisis bisa dimulai. Hasil persentase TS akan muncul dan wadah contoh/sampel dapat dikeluarkan. Kemudian dilakukan pencatatan persentase sulfur. Pengujian sulfur tersebut dilakukan sebanyak dua kali dan dengan memperhatikan nilai antara 2 pengujian tersebut.

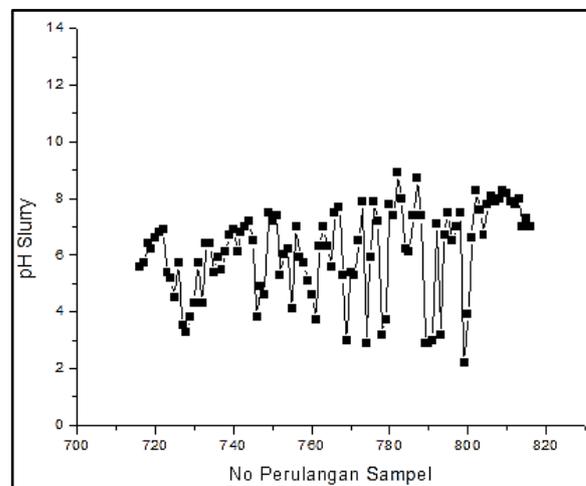
Teknik Pengujian Net Acid Produce Potential (NTAPP)

Pengujian yang dilakukan untuk melakukan pengklasifikasian, penetapan kemungkinan asam yang terbentuk dari berbagai macam komponen (pirit dan organik) dan juga pengklasifikasian serta penetapan banyaknya campuran sulfat lainnya sebagai bagian dari tahapan dekomposisi campuran pirit.

$$NTAPP = (TAA + CRS) - ANC$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai pH *Slurry* secara tidak langsung mempengaruhi identifikasi tipe sample tanah. Nilai pH tersebut diperlukan sebagai pertimbangan departemen geologi untuk pengolahan data hasil analisa saat di lapangan (Wark, 2002). Hasil pengukuran pH *Slurry* tanah pada Gambar 1.

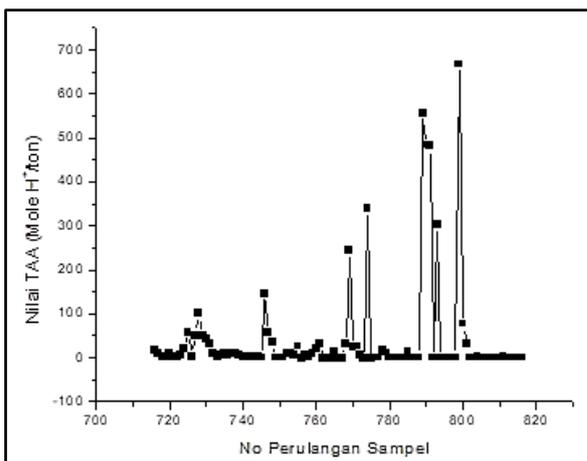


Gambar 1. Analisis pH *slurry* tanah

Dari sebaran data seperti pada Gambar 1. menunjukkan bahwa pada 101 sampel tanah (semakin ke kanan, semakin dalam litologi tanahnya), menghasilkan nilai pH yang beragam. Nilai pH terendah berada di nilai 2,2 dan pH tertinggi di nilai 8,9. Hasil pengukuran ini menunjukkan nilai pH tersebut bervariasi tidak berdasarkan kedalaman suatu litologi tanah pada 1 seam di area PT.Trubaindo Coal Mining.

Analisis Total Actual Acidity (TAA)

Pengukuran nilai TAA dilakukan pada sampel tanah tambang untuk mengetahui kandungan sulfur organik dalam sampel pada saat penentuan nilai NTAPP (Ian *et al.*, 2007). Hasil



pengukuran nilai TAA tanah terdapat pada Gambar 2.

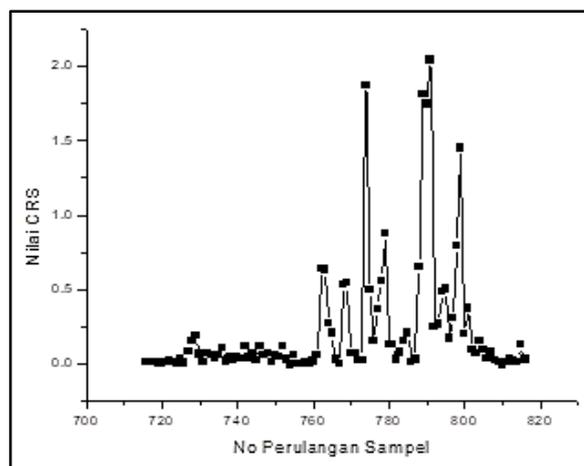
Gambar 2. Analisis *Total Actual Acidity* (TAA) tanah

Berdasarkan sebaran data pada Gambar 2. menunjukkan bahwa semakin dalam kedalaman tanah, tidak ada korelasi langsung dengan besarnya nilai TAA. Nilai TAA yang diperoleh mempunyai hubungan langsung dengan pH slurry. Semakin rendah nilai pH slurry, maka nilai TAA yang dihasilkan semakin tinggi. Data ini ditunjukkan pada pengukuran sampel pada perulangan nomor 799, nilai pH yang diperoleh terendah yaitu 2,2; menghasilkan nilai TAA yang tertinggi yaitu 667. Data ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah sulfur organik, maka semakin tinggi nilai TAA yang dihasilkan. Hasil ini diperkuat dengan nilai pH slurry yang dihasilkan semakin kecil (semakin asam). Nilai TAA yang tinggi ini dihasilkan dari adanya pembusukan asam organik dari tanaman pada tiap litologi tanahnya (Said, 2014).

Analisis *Chromium Reducible Sulphur* (CRS)

Pengukuran Chromium Reducible Sulphur (CRS) sampel tanah pertambangan bertujuan untuk mengetahui banyaknya kadar sulfur anorganik yang terkandung dalam sampel yang akan digunakan untuk penentuan nilai NTAPP (Michael, 2010). Dari 101 sampel yang dianalisis ditemukan 31% sampel dengan nilai % CRS diatas 0,15%. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat 31% sampel yang dapat memberikan kontribusi pada peningkatan nilai NTAPP dan memungkinkan untuk masuk kategori PAF. Sementara itu 69% sampel berpotensi masuk kategori NAF. Data ini masih harus ditinjau kembali dengan membandingkan nilai ANC yang diperoleh dari hasil perhitungan. Hasil

pengukuran nilai CRS tanah pada Gambar 3. Dari sebaran data pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin dalam litologi tanah tidak berkorelasi langsung dengan besarnya nilai CRS. Hal ini dikarenakan nilai CRS berasal dari banyaknya kadar sulfur anorganik yang terkandung pada sample tersebut, dimana ditunjukkan bahwa kadar sulfur anorganik pada area PT. Trubaindo Coal Mining bervariasi untuk setiap litologinya (Wark, 2002).



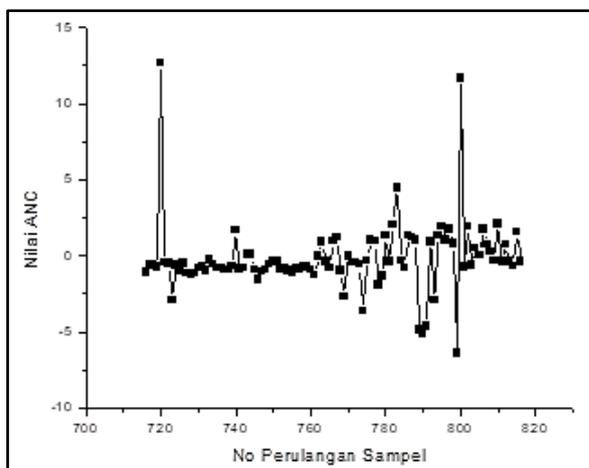
Gambar 3. Analisis *Chromium Reducible Sulfur* (CRS) tanah

Berdasarkan sebaran data diatas menunjukkan bahwa nilai CRS terendah adalah 0,005 dan nilai CRS tertinggi adalah 2,042. Data tersebut menunjukkan bahwa nilai CRS dipengaruhi oleh nilai pH Slurry dan TAA. Apabila nilai Ph Slurry rendah dan nilai TAA tinggi akan ada kecenderungan nilai CRS yang tinggi, begitu pula sebaliknya. Untuk nilai CRS > 0,1 ada kecenderungan masuk kategori PAF dan untuk nilai CRS ≤ 0,1 ada kecenderungan masuk kategori NAF (Departement of Natural, Resources and Energy; 2004). Data CRS ini menunjukkan banyaknya sulfur anorganik yang tereduksi dihitung sebagai jumlah sulfur dari pirit (FeS₂) yang dapat membentuk asam sulfat dan berpotensi menyebabkan penurunan pH tanah (Destiana dkk., 2017).

Analisis *Acid Neutralizing Capacity* (ANC)

Penentuan ANC bertujuan untuk menentukan kadar mineral penetral keasaman dalam sampel tanah pertambangan (AS 4969.12 Standards Australia, 2009). Dari 101 sampel yang diujikan, terdapat 38% sampel dengan nilai % ANC diatas 0,3% (% ANC > 0,3). Data ini menunjukkan terdapat 38% sampel yang akan

memberikan kontribusi untuk penurunan nilai NTAPP dan berpotensi masuk pada kategori sampel sebagai NAF dan untuk 62% sample lainnya berpotensi pada kategori sample PAF. Hasil pengukuran nilai ANC tanah pada Gambar 4.



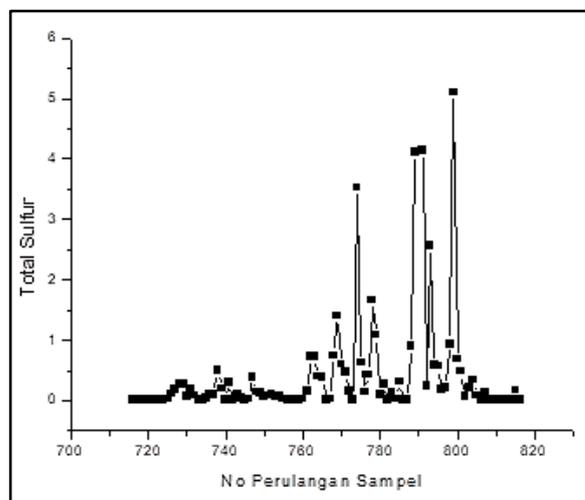
Gambar 4. Analisis *Acid Neutralizing Capacity (ANC)* tanah

Berdasarkan sebaran data pada Gambar 4. menunjukkan bahwa semakin dalam litologi tanah tidak ada korelasi dengan besarnya nilai ANC. Hal ini dikarenakan bervariasinya keberadaan senyawa mineral yang bersifat menetralkan pada litologi tanah di area PT. Trubaindo Coal Mining (Wark, 2002). Data di atas menunjukkan bahwa nilai ANC terendah adalah - 6,39 dan ANC tertinggi adalah 12,67. Data ini menunjukkan kecenderungan bahwa semakin tinggi nilai pH *slurry* maka nilai ANC akan cenderung semakin tinggi dan begitu pula sebaliknya. Ini sesuai dengan pernyataan bahwa pH yang tinggi menandakan bahwa banyak terkandung senyawa mineral yang bersifat menetralkan sampel tanah tersebut (AS 4969.12 Standards Australia, 2009).

Analisis *Total Sulfur (TS)*

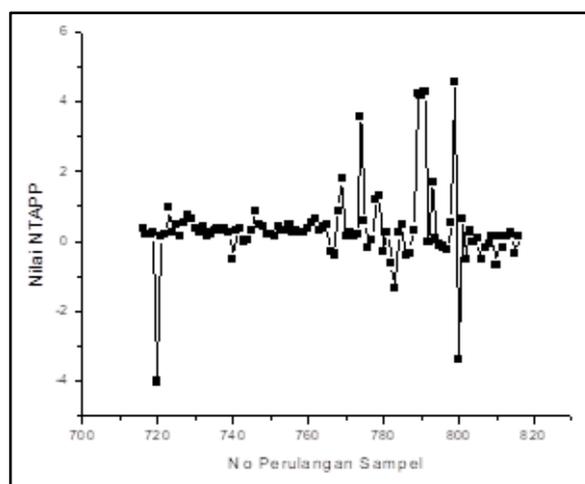
Nilai % TS ditentukan sebagai nilai koreksi terhadap hasil analisis total % sulfur yaitu merupakan jumlah dari % sulfur organik dan % sulfur anorganik. Nilai dari % sulfur dalam analisis NTAPP adalah nilai sulfur pembentuk asam sedangkan sulfur lainnya yang tidak membentuk keasaman tidak terakumulasi oleh proses reaksi. Koreksi dilakukan oleh karena nilai % TS adalah nilai sulfur keseluruhan, yaitu nilai sulfur yang terkandung dalam sampel baik yang membantu keasaman ataupun yang tidak

membentuk keasaman. Oleh karena itu koreksi dilakukan jika jumlah nilai tersebut melebihi %TS ($\%TAA + \%CRS > \%TS$) (ISO, 2014). Hasil pengukuran nilai total sulfur tanah pada Gambar 5.



Gambar 5. Analisis *Total Sulfur (TS)* tanah

Berdasarkan sebaran data pada Gambar 5. menunjukkan semakin dalam litologi tanah, tidak mempunyai korelasi langsung terhadap besarnya nilai TS. Hal ini dikarenakan tiap-tiap litologi tanah berbeda-beda berdasarkan lingkungan pengendapannya, khususnya pada area PT.Trubaindo Coal Mining (Gautama, 2012). Pada data di atas, nilai TS terendah adalah 0 dan nilai TS tertinggi adalah 5,1.



Gambar 6. Analisis Keseluruhan (*NTAPP Report*) tanah

Data ini menunjukkan bahwa pada nilai TS tertinggi tersebut terdapat kecenderungan nilai pH *Slurry* rendah dan begitu pula sebaliknya. Hal ini sesuai dengan semakin tinggi nilai TS akan

sebanding dengan besarnya senyawa pirit (FeS_2) yang terbentuk sehingga memungkinkan terbentuknya asam (Destiana dkk., 2017). Hal ini ditunjukkan dengan nilai pH yang rendah.

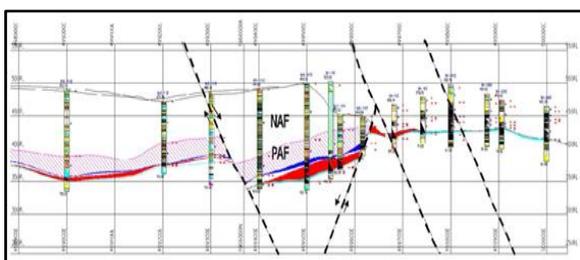
Analisis Keseluruhan (NTAPP Report)

Untuk mengetahui klasifikasi dari sampel tanah batuan, apakah dapat dikategorikan sebagai NAF dan PAF, maka dilakukan analisis keseluruhan (NTAPP report). Tipe sampel dapat dikategorikan berdasarkan kriteria klasifikasi NTAPP, seperti pada Tabel 1 (AMIRA International Ltd, 2002).

Tabel 1. Kriteria Klasifikasi NTAPP

	Klasifikasi Geokimia	NTAPP	CRS
NAF	NAF	< 10	< 0,15
PAF	PAF (Low Capacity)	< 10	> 0.15
	PAF	≥ 10	

Hasil pengukuran nilai NTAPP tanah pada Gambar 6. Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh, terdapat sejumlah 56% sampel kategori sebagai material bukan pembentuk asam (NAF) dan sisanya sebanyak 44% sampel kategori sebagai pembentuk asam (PAF). Hasil pengukuran ini menunjukkan semua sampel tanah terklarifikasi dengan baik dan tidak ada sampel tanah dengan kategori *uncertain* (bias).



Gambar 7. Estimasi Modeling Geologi

Estimasi Modeling Geologi

Berdasarkan hasil pengukuran serta pengolahan data penelitian yang dilakukan untuk mengklasifikasi sampel tanah pada batuan di areal tambang PT Trubaindo Coal Mining, dapat diestimasi suatu modeling geologi seperti Gambar 7. Melalui gambar permodelan diatas dapat dengan jelas dibedakan posisi batuan yg berpotensi menjadi PAF dan NAF, sehingga akan memudahkan untuk membuat permodelan PAF/NAF pada areal disposal, sehingga dapat mencegah kemungkinan terjadinya air asam tambang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa: untuk sampel batuan NAF diperoleh kisaran nilai pH *Slurry* $\geq 4,5$; $\text{TS} < 0,1$; $\text{CRS} \leq 0,1$ dan $\text{NTAPP} \leq 5$. Untuk batuan PAF diperoleh kisaran nilai pH *Slurry* $< 4,0$; $\text{TS} > 0,1$; $\text{CRS} > 0,1$ dan $\text{NTAPP} > 5$ dan tidak ditemukan hasil yang *Uncertain* (bias). Dari 101 sampel tersebut diperoleh 56% sampel batuan kategori NAF dan 44% sampel batuan kategori PAF, serta tidak ada yang masuk kategori *Uncertain* (bias). Dengan tidak adanya hasil *Uncertain* (bias) pada 101 sampel tersebut. Hasil ini memudahkan dalam memasukkan data pada modeling batuan PAF/NAF untuk modeling disposal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan dan Staf PT. Trubaindo Coal Mining Melak, Kalimantan Timur untuk fasilitas laboratorium dan sampel yang disediakan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abfertiawan, 2016, *Model Transpor Air Asam Tambang Melalui Pendekatan Daerah Tangkapan Air*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Anshariah, Widodo, S., Nuhung, R., 2015, Studi Pengelolaan Air Asam Tambang Pada PT. Rimau Energy Mining Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah, *J. Geomine*, 1, 46-54.
- AMIRA International Ltd., 2002, *ARD Test Handbook: Project 287A Prediction and Kinetic Control of Acid Mine Drainage*, Ian Wark Research institute and Environmental Geochemistry International Pty Ltd.
- AS 4969.12 2009, *Analysis of acid sulfate soil - Dried samples - Methods of test - Complete Suspension Peroxide Oxidation Combined Acidity and Sulphur (SPOCAS) Method*, Standards Australia Publisher.
- Ahern C.R., McElnea A.E., Sullivan L.A., 2004), *Acid Sulfate Soils Laboratory Methods Guidelines*, Queensland Department of Natural Resources, Mines and Energy, Indooroopilly, Queensland, Australia.
- Destiana, L.G. V., Panggabean, A.S., Kartika, R., 2017, Pengembangan Metode Rapid Test Preparation Dalam Penentuan Kadar

- Inherent Moisture dan Total Sulfur Dengan Menggunakan Metode yang Dipergunakan oleh ISO (*International Organization for Standardization*), *J.Atomik*, 2(1), 175-182.
- Gautama, R.S., 2012, *Pengelolaan Air Asam Tambang, Bimbingan Teknis Reklamasi dan Pascatambang Pada Kegiatan Pertambangan Mineral dan Batubara*, Ditjen Mineral dan Batubara, ESDM, Yogyakarta.
- Ian, R., Taylor, J., Pape, S., Yardi, R., Bennett, J., 2007, *Managing Acid and Metalliferous Drainage, Report for Departement of Industry Tourism and Resources*, Australian Government, Australia.
- Islamunisa, F., Bohari dan Panggabean, A.S., 2018, Pemanfaatan Air Asam Tambang Batubara Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif, *J. Atomik*, 3(1), 22-25.
- Michael, 2010, *Chromium Reducible Sulphur Suite. Australian Laboratory services Pty Ltd. Brisbane-Stafford, Queensland, Australia*.
- Mills C., 2001, *Acid Base Accubting (ABA) Test Procedures*, Environmental Geochemistry International Pty Ltd. Sysney Australia.
- Nasir, S., Purba, M., Sihombing, O., 2014, Pengolahan air asam tambang dengan Menggunakan membran keramik berbahan Tanah liat, tepung jagung dan serbuk besi, *J.Teknik Kimia*, 3(20), 22-30.
- Said, N.I., 2014, Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara “Alternatif Pemilihan Teknologi”, *J. Air Indonesia*, 7(2), 119-138.
- Sari, E.L., AS Panggabean, A.S., Hindryawati, N., 2016, Validasi Metode Rapid Test Dalam Penentuan Total Moisture, Ash Content, Calorific Value (ar) Pada Batubara Terhadap Standar ISO Ukuran 3 mm PT. Kaltim Prima Coal, *J.Atomik*, 1(2), 64-72.
- Sayoga, 2007, *Classification of acid sulphate soils: a proposal for the improvement of the soil taxonomy system, Paper presented at the Workshop on Acid Sulphate Soils in the Humid Tropics*, Bogor, Indonesia.
- Scott, P.A., Eastwood, G., Johnston, G., Carville, D., 2000, *Early Exploration and Pre-feasibility Drilling Data for the Prediction of Acid Mine Drainage for Waste Rock, Proceedings of the Third Australian Acid Mine Drainage Workshop, Townsville, Australian Centre for Minerals Extension and Research, Brisbane*.
- Wahyudin, I., Widodo, S., Nurwaskito, A., 2018, Analisis Penanganan Air Asam Tambang Batubara, *J.Geomine*, 6(2), 85-89.
- Wark, I., 2002, *Protocol Booklet for Assessment of the Acid Forming Potential of Mine Waste Materials*. Australia.
- Warwick, S., 2005, *Development of Acid Rock Drainage Prediction Methodologies for Coal Mine Wastes*, Ian Wark Research Institute University of South Australia, Australia.
- Male, Y.T., Modok, D.W.S., Seumahu, C.A., Malle, M., 2019, Isolasi Mikroba dari Air Asam Tambang Pada Area Pertambangan Tembaga di Pulau Wetar, Provinsi Maluku, *Indo. J. Chem. Res.*, 6(2), 101-106.