

STUDI PAF/NAF DENGAN METODE UJI STATIK PT. KITADIN SITE EMBALUT KALIMANTAN TIMUR

Singgih Saptono¹, Syamsidar Sutan Malin P² dan Endy Mukhlis Syuhada³

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan usaha untuk menentukan potensi batuan pembentuk asam melalui parameter uji statik yang akurat dalam klasifikasi analisis kimia pada sampel batuan dan air. Penelitian ini diawali dengan melakukan berbagai metode uji statik yang sering dilakukan di Indonesia, yaitu; total sulfur (TS), acid neutralizing capacity (ANC), net acid generating (NAG) dan pH Paste. Pengujian ini, dilakukan pada sampel tanah penutup overburden dan interburden serta batubara itu sendiri.

Penelitian ini mengambil sample dari enam titik bor, yaitu E17-303G, E17-254C, E17-221C, E17-326C, E17-176C, E17-415C. Berdasarkan hasil deskripsi batuan, menunjukkan adanya jenis mineral sulfida yang terdapat pada keenam sampel, secara umum ada korelasi yang baik antara total sulfur dan NAPP yang terdapat pada batuan dengan besaran NAG pH. Untuk jenis mineral sulfida reaktif yang sama, semakin besar total sulfur, maka NAG pH akan bernilai besar pula. Khusus untuk sampel E17-303G dan E17-415C dimana total sulfur E17-303G lebih besar, namun nilai NAG pH 4.5-nya lebih kecil, maka dapat disimpulkan dari hasil penelitian ini, bahwa dalam sampel E17-303G terdapat lebih banyak sulfida yang kurang reaktif, sedangkan sampel E17-415C nilai NAGpH 4.5-nya lebih besar dari pada nilai total sulfurnya, sehingga pada sampel ini terdapat sulfida yang sangat reaktif.

Keywords: Nag pH, Acid Mine Drainage, NAPP method

Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan studi literatur dan juga penyelidikan/survei lapangan, maka satuan batuan daerah penyelidikan dapat dikelompokkan dalam satuan batuan berdasarkan ciri-ciri litologi yang dijumpai. Litologi daerah penyelidikan dapat dikelompokkan ke dalam dua satuan batuan yaitu :

- Satuan aluvium (aluvium sungai dan rawa)
- Satuan perselingan batupasir dan batulempung

Endapan batubara dalam wilayah KW.KTN 2009 0008 Ep (Gambar 3) ditemukan diantara Formasi Pulaubalang dan Formasi Balikpapan berumur antara Miosen atau sampai dengan Pliosen Bawah. Dalam batas wilayah seluas 2.973,6 Ha telah ditemukan sebanyak 13 Seam lapisan batubara.

Lokasi penambangan memiliki susunan lapisan batupasir, batulempung dan batulanau. Formasi batuan di Embalut terdiri atas :

- **Formasi Pulaubalang (Miosen Tengah-Miosen Atas)**

Formasi terdiri dari batupasir, kuarsa, yang berwarna abu-abu, lempung, sisipan batubara dan lensa-lensa batubara. Formasi dengan lapisan batubara berada di bagian Timur dari daerah pertambangan.

- **Formasi Balikpapan (Miosen Atas-Pliosen)**

Batuannya terdiri dari batupasir abu-abu keputih-putihan, berbutir halus sampai sedang, serpih, dan aspal dengan sisipan batulanau, batulempung dan batubara. Formasi ini membentuk perbukitan di bagian Barat dari daerah penambangan.

- **Alluvial**

¹ Dosen Jurusan Teknik Pertambangan UPN Veteran, Yogyakarta

² Dosen Prodi. Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Kutai Kartanegara

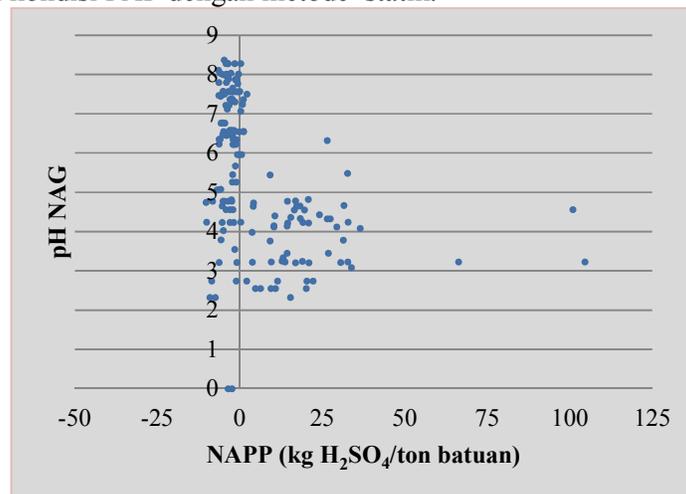
³ Geologis PT. Kitadin

Karakteristik Batuan

Pada umumnya air asam tambang dari pertambangan batubara mempunyai karakteristik pH yang rendah sekitar 3 dan kadar sulfat yang tinggi (>2000 mg/l) dan mengandung logam besi. Secara umum air asam tambang dapat terjadi dari air limpasan (*runoff*) atau air rembesan (*seepages*) dari timbunan material buangan sulfida, timbunan *tailing* dan ampas batubara.

Daerah penelitian di tambang batubara PT. Kitadin berlokasi di blok D L3 dengan seam target adalah seam 17 grup selatan dengan luas area penelitian 540.78Ha dengan luasan pit 57.48Ha. Kondisi di daerah penelitian memiliki satuan batuan Formasi Balikpapan merupakan perselingan batupasir dan lempung dengan sisipan batulanau, serpih, batugamping, dan batubara yang diendapkan pada waktu Miosen Tengah dalam lingkungan paras delta (*delta front*) hingga dataran delta (*delta plain*). Formasi ini memiliki hubungan menjari dengan Fm. Pulaubalang. Dengan strike/dip N172°E/N15°E, struktur yang dijumpai pada daerah penelitian adalah sinklin.

Pengujian statik memberikan karakteristik batuan dengan parameter paste pH, total sulfur (S), *acid neutralizing capacity* (ANC) dan *net acid generating* (NAG) (Gambar 5). Klasifikasi batuan dapat dilakukan dengan menggunakan interpretasi yang berbeda-beda. Salah satu klasifikasi yang dilakukan adalah dengan mengkategorikan sampel dengan nilai NAPP>0 dan NAG pH<4.5 sebagai batuan PAF, dan sebaliknya sebagai batuan NAF. Diharapkan dengan cara ini dari 69 titik bor sebagai sampel yang diuji statik, yaitu terbagi 21 titik bor dianalisis sebagai kategori pembentuk asam (PAF) dan 48 titik bor sebagai penetral asam (NAF). Dengan menganalisis karakteristik batuan ke-69 titik bor tersebut (Tabel 5), maka dipilih 6 (enam) titik bor secara acak untuk uji sampel material mengetahui kondisi PAF dengan metode statik.



Gambar 5 Kompilasi penyebaran pH NAG dan NAPP dari 69 titik bor.

Berdasarkan pada tabel dibawah, merupakan hasil perhitungan neraca asam-basa atau *acid base accounting* (ABA) yang memperlihatkan hasil uji statik dengan nilai NAPP pada kondisi PAF dan NAF. Perhitungan ABA yang telah dilakukan dari ke-69 sampel titik bor diambil 6 sampel titik bor (Tabel 4) secara

acak mewakili kondisi PAP dan NAF, tetapi yang berpotensi membentuk air asam tambang (AAT) sebanyak 21 titik bor dan sisanya adalah kondisi NAF, kemudian dari nilai NAPP diolah menjadi peta penyebaran PAF dan NAF guna memberikan informasi untuk penerapan konsep desain tambang. Pada penelitian ini, material PAF sebagai objek utama yang akan diuji untuk mengetahui parameter yang berkaitan dengan pembentukan AAT. Guna mengetahui penyebaran keseluruhan titik bor, maka kompilasi pH NAG dan NAPP sangat diperlukan untuk interpretasi selanjutnya terutama pada keenam titik bor tersebut (Tabel 6).

Analisis ANC dilakukan dengan melakukan kalkulasi/perhitungan ANC.

Kalkulasi: $ANC = [Y \times M \text{ HCl} / \text{wt}] \times C$

Keterangan:

- Y = (Volume HC yang ditambahkan) – (Vol NaOH yang dititrasi x B)
- B = (Volume HCl pada blanko) / (Volume NaOH yang dititrasi pada blanko)
- M HCl = Molaritas HCl
- Wt = Bobot sample (= 2 gr)
- C = Faktor konversi,
- C = 49.0 (untuk menghitung kg H₂SO₄/t),
- C = 5.0 (untuk menghitung % CaCO₃).

Contoh Perhitungan ANC : Sampel E17_415C

Diketahui:

- B = (40/66.73) = 0.5994
- Y = (40-(61,23 x 0.5994) = 3.297
- ANC = (3.297 x (0.1/2) x 49 = 8.077 kg H₂SO₄/t

Tabel 4 Analisis ANC Test

No Sample	Hole From To	Unit	W Sampel (gr)	Pita Rating	HCl yang ditambahkan		pH Awal	B (Vol HCl) / (Vol NaOH x B)	Hasil Titras NaOH		Y (Vol HCL) - (Vol NaOH) (ml)	ANC [(YxMBClW) / (C=49 w menghitung kg H2SO4/t)]
					(ml)	(%)			(%)	(ml)		
E17_320G	17.30-18.86	17M	2	1	40	0.1	5.41	0.599	0.1	62.31	2.649	6.49
	19.30-21.16	17M	2	1	40	0.1	6.41	0.599	0.1	62.45	2.566	6.29
	21.16-22.17	17M	2	3	80	0.5	3.45	0.984	0.5	82.11	-0.817	-10.01
	22.30-23.22	17M	2	3	80	0.5	3.45	0.984	0.5	82.97	-1.663	-20.38
	28.40-29.42	17L	2	3	80	0.5	4.36	0.984	0.5	82.54	-1.240	-15.19
E17_394C	28.06-28.06	22M	2	2	40	0.1	7.02	0.599	0.1	62.14	2.751	6.74
	28.06-30.06	22M	2	2	40	0.1	7.22	0.599	0.1	61.91	2.889	7.08
	30.06-31.06	22M	2	2	40	0.1	7.25	0.599	0.1	60.68	3.627	8.89
E17_221C	66.00-66.20	17M	2	1	40	0.1	8.3	0.599	0.1	60.22	3.902	9.56
	66.20-68.70	17M	2	1	40	0.5	8.37	0.599	0.1	60.32	3.842	47.07
E17_326C	15.60-16.50	22M	2	1	40	0.1	7.66	0.599	0.1	62.63	2.438	6.02
	23.00-23.97	20M	2	1	40	0.1	7.07	0.599	0.1	63.05	2.216	5.43
	37.80-39.70	17M	2	1	40	0.1	7.48	0.599	0.1	63.43	1.978	4.83
	39.70-41.20	17M	2	1	40	0.1	7.89	0.599	0.1	62.23	2.697	6.81
E17_176C	11.40-12.20	20M	2	1	40	0.1	7.12	0.599	0.1	61.22	3.303	8.09
	32.38-34.30	17M	2	1	40	0.1	7.34	0.599	0.1	62.11	2.769	6.78
	34.30-35.30	17M	2	1	40	0.1	7.34	0.599	0.1	61.72	3.003	7.36
E17_415C	62.45-65.87	22M	2	2	40	0.1	7.36	0.599	0.1	61.23	3.297	8.08
	88.79-104.86	17M/A	2	2	80	0.2	4.78	0.984	0.2	82.32	-1.022	-12.90
	107.58-110.88	17M/B1	2	3	80	0.5	3.21	0.984	0.5	81.77	-0.482	-5.91
	111.70-112.82	17M/B2	2	3	80	0.5	5.48	0.984	0.5	82.21	-0.913	-11.21

Analisis ANC pada prinsipnya adalah jumlah basa penetral, termasuk karbonat yang terdapat dalam material overburden yang dapat ditemukan dengan melakukan pengujian dengan asam klorida (HCl). Caranya, sampel dan asam klorida dipanaskan agar terjadi reaksi, selanjutnya tentukan banyaknya asam yang ditambahkan (volume) untuk selanjutnya dititrasi dengan NaOH. (Jackson, 1958). Sebelumnya harus ditentukan fizz rating. Fizz rating yang terdapat dalam perhitungan ANC ditentukan untuk masing-masing sampel yaitu untuk memastikan penambahan asam yang tepat agar dapat bereaksi dengan kalsium karbonat (CaCO₃) yang ada.

Berikut ini adalah hasil pengujian statik untuk sampel yang dipilih:

Kode Sampel	E17-303G	E17-254C	E17-221C	E17-326C	E17-176C	E17-415C
Deskripsi	Silt Claystone	Silt	Claystone	Sandy	Claystone	Sandy
	Carbonaceous	Sandstone	Sandstone	Calystone	Silt	Siltstone
	Silt Claystone	Siltstone	Sandy	Siltstone	Sandstone	Clayd
	Siltstone	Sandy	Sandstone	Clayd	Sandstone	Siltstone
	Carbonaceous	Sandstone	Silt	Siltstone		Sandstone
	Claystone	Silt	Claystone	Quartz		Carbonaceous
	Silt Claystone	Claystone	Silt	Sandstone		Claystone
	interbedded		Sandstone	Sandstone		Shally Coal
	Siltstone		Siltstone	Silt		Claystone
	Sandstone			Sandstone		
	interbedded					
	Claystone					
	Carbonaceous					
	Sandstone					
Carbonaceous Silt						
Claystone						
interbedded						
Sandstone						
Carbonaceous Silt						
Claystone						
Lamination						
Sandy						
Siltstone &						
Carbonaceous Shale						
Kategori/Warna	PAF	NAF	NAF	NAF	NAF	PAF
pH Awal	4.672	7.15	8.33	7.525	7.2	4.49
Total Sulfur(%w/w)	1.05	0.19	0.1	0.14	0.13	0.91
MPA(kgH ₂ SO ₄ /ton)	52.15	5.82	2.91	4.36	3.88	27.86
ANC(kalH ₂ SO ₄ /ton)	-15.19	7.57	9.49	5.73	7.41	-10.01
NAPP	47.344	-1.752	-6.654	-1.364	-3.533	37.872
NAG pH	5.02	7.52	7.21	7.04	7	6.59
NAG	4.5	0	0	0.20	0	1.96
(kgH ₂ SO ₄ /ton)	7	0.51	0.39	0.88	1.08	0.78

Keterangan:

	Litologi PAF
	Litologi NAF

Prediksi Potensi AAT Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil deskripsi mineral pada batuan, terdapat data yang menunjukkan jenis mineral sulfida yang terdapat pada lithologi dari keenam titik bor yang menjadi sampel penelitian, oleh karena itu, secara umum ada korelasi yang baik antara total sulfur dan NAPP yang terdapat pada batuan dengan besaran NAG pH. Untuk jenis mineral sulfida reaktif yang sama, semakin besar total sulfur, maka NAG pH akan bernilai besar pula lihat Tabel 6 dan Gambar 5. Khusus untuk sampel E17-303G dan E17-415C dimana total sulfur lebih besar, namun nilai NAG pH 4.5-nya lebih kecil.

Tabel 8 Klasifikasi batuan PAF berdasarkan sifat kimia, (Warwick Stewart, 2005)

NAG Ph ≥ 4 ; NAPP ≤ 0 : Non Acid Forming (NAF)				
NAG Ph ≤ 4 ; NAPP ≥ 0 : Potentially Acid Forming (PAF)				
Kelompok Klasifikasi PAF	NAPP (kgH ₂ SO ₄)/ton)	pH NAG	Keasaman NAG sampai pH 4.5 (kgH ₂ SO ₄)/ton)	Nilai Keasaman (mg/l)
Kapasitas kecil (KK)	> 0	< 4.5	≤ 5	Kecil (1 – 100)
Kapasitas menengah (KM)	> 0	< 4.5	> 5 dan ≤ 20	Menengah (10 – 1000)
Kapasitas besar (KB)	> 0	< 4.5	> 20	Besar (100 – 10.000)

Hasil yang didapatkan bahwa dalam sampel E17-303G terdapat lebih banyak sulfida yang kurang reaktif, sedangkan sampel E17-415C nilai NAGpH 4.5-nya lebih besar dari pada nilai total sulfurnya, sehingga pada sampel ini terdapat sulfida yang sangat reaktif. Hal ini dapat dilihat pula dalam pengujian menuju NAG pH 7, dimana sampel E17-415C pada akhirnya juga memberikan nilai yang hampir sama besar yaitu, hampir mendekati berbanding lurus dengan jumlah sulfurnya yang lebih besar. Maka dari hasil uji statik yang telah dilakukan dari 69 sampel lithologi dari enam titik bor, terdapat 4 titik bor dengan hasil sampel masuk dalam kategori material tidak berpotensi asam, sedangkan 2 titik bor dengan sampel berpotensi membentuk asam (PAF material) dengan kelompok klasifikasi yaitu, kapasitas menengah (Tabel 8).

Net Acid Production Potential (NAPP) adalah hasil selisih antara MPA dan ANC, yaitu $NAPP = MPA - ANC$, dan dihitung dalam satuan kg H₂SO₄/ton batuan (Kg H₂SO₄/ t). Nilai positif NAPP mengindikasikan bahwa terdapat asam, sementara nilai negatif NAPP terdapat penetral asam. *Net Acid Production Potential* (NAPP) adalah hasil selisih antara MPA dan ANC, Nilai positif NAPP mengindikasikan bahwa sampel berpotensi membentuk asam (PAF), sementara nilai negatif NAPP mengindikasikan bahwa sampel tidak berpotensi membentuk asam (NAF). Kemudian dari hasil klasifikasi dapat digabungkan untuk mendapatkan penafsiran dari klasifikasi secara statik untuk mengetahui kondisi PAF dan NAF (lihat Tabel 6).

Tabel 9 Jenis batuan berdasarkan sifat kimia dan hasil perhitungan ABA

Sampel Hole ID	Klasifikasi Statik	Keterangan
E17-303G	Kapasitas Besar	Sangat berpotensi asam (PAF)
E17-254C	Kapasitas Kecil	Tidak berpotensi asam (NAF)
E17-221C	Kapasitas Kecil	Tidak berpotensi asam (NAF)
E17-326C	Kapasitas Kecil	Tidak berpotensi asam (NAF)
E17-176C	Kapasitas Kecil	Tidak berpotensi asam (NAF)
E17-415C	Kapasitas Besar	Sangat berpotensi asam (PAF)

Berdasarkan hasil analisa NAPP dan NAG pH maka dapat dibuat suatu model AAT untuk mengetahui penyebaran dari material-material PAF. Dari hasil pemodelan akan diketahui arah pola dan bentuk penyebaran air asam tambang. Keluaran ini akan sangat membantu dalam mengkaji atau menganalisis dampak dan resiko lingkungan yang akan terjadi, ini berfungsi untuk menentukan sistem dan metoda penambangan. Pemilihan sistem dan penentuan metoda penambangan tergantung beberapa pertimbangan, antara lain: Karakteristik seam batubara, Karakteristik *overburden*, Pertimbangan geoteknik, Pertimbangan kualitas, Pertimbangan ekonomi dan, Pertimbangan produksi. Berdasarkan nilai pH dari uji NAG dan nilai NAPP, maka selanjutnya dapat dilakukan pengklasifikasian jenis batuan berdasarkan sifat kimianya.

Prediksi PAF Pada Batubara Berdasarkan Kandungan Sulphur

Pada penelitian ini, kegiatan yang dilakukan hanya fokus pada *static test*, yaitu uji total sulfur, MPA, ANC, dan perhitungan NAPP. Dari hasil penelitian ini, nilai analisis NAPP dapat di tuangkan dalam peta penyebaran air asam tambang dan di bandingkan dengan penyebaran total sulfur yang terdapat pada batubara. Adapun lapisan batubara yang akan di lakukan pemodelan penyebaran AAT adalah sebagai berikut; Seam 17M pada pit seam 17M grup selatan, Seam 20M pada pit seam 17M grup selatan dan, Seam 22M pada pit seam 17M. Dari ketiga seam ini kemudian di buat peta penyebaran air asam tambang pada masing-masing lapisan batubara, dapat dijelaskan sebagai berikut;

a. Prediksi PAF Pada Batubara Seam 17M

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode (*ABA*) maka didapatkan nilai NAPP (MPA-ANC) dari setiap sample titik bor batubara untuk seam 17M. Dari 69 titik bor yang menjadi bahan analisa disaring menjadi hanya 62 titik bor terdapat pada seam 17M. Dari 62 titik bor tersebut hanya 27 titik bor diindikasikan berpotensi menjadi AAT (PAF Material) dan 35 titik bor yang kandungan seam 17M-nya tidak berpotensi menjadi AAT (NAF Material). Dari hasil analisa NAPP di dapatkan nilai tertinggi untuk PAF adalah 104.5 dan nilai terendah untuk NAF material adalah -10.32. Dari hasil perhitungan ABA, nilai NAPP dimasukkan ke dalam pemodelan geologi guna mengetahui penyebaran air asam tambang disetiap lapisan batubara di daerah penelitian. Dari hasil pemodelan seam 17M kita dapat mengetahui area-area yang berpotensi menjadi AAT (Lampiran 1), sehingga dalam pembuatan design tambang diusahakan untuk tidak membuat tampungan air sementara di tambang (*sump*) dengan dasar seam 17M karena seam 17M merupakan target penambangan pada tambang ini atau merupakan lantai (*floor*) dari tambang ini.

b. Prediksi PAF Pada Batubara Seam 22M

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode ABA, maka dari 69 titik bor yang menjadi sample analisa, terdapat 11 titik bor pada seam 22M. Dari 11 titik bor tersebut diketahui 5 titik bor yang nilai NAPP dari seam 22M berpotensi menjadi AAT (PAF Material) dan 6 titik bor yang nilai NAPP seam 22M tidak berpotensi menjadi AAT (NAF Material). Adapun nilai tertinggi dari NAPP adalah 5.33 (PAF) sedangkan untuk nilai terendah dari nilai NAPP adalah -5.06 (NAF). Nilai NAPP dari semua lapisan seam 22M tersebut di masukkan kedalam

pemodelan geologi dan diketahui penyebaran AAT pada lapisan 22M yaitu berada di sebelah barat lokasi penelitian (Lampiran 2). Seam 22M berada di atas seam 17M sehingga potensi yang dapat ditimbulkan adalah air yang mengalir melewati seam 22M. Dengan mengetahui penyebaran seam 22M yang mengandung PAF maka dalam tahap penambangannya pada seam 22M yang mengandung PAF di buat tanggul dan diberi puritan agar air tidak mengalir melalui seam 22M tersebut. Hal ini dimaksudkan agar potensi AAT dari seam 22M ini dapat diminimalisir.

c. Prediksi PAF Pada Batubara Seam 20M

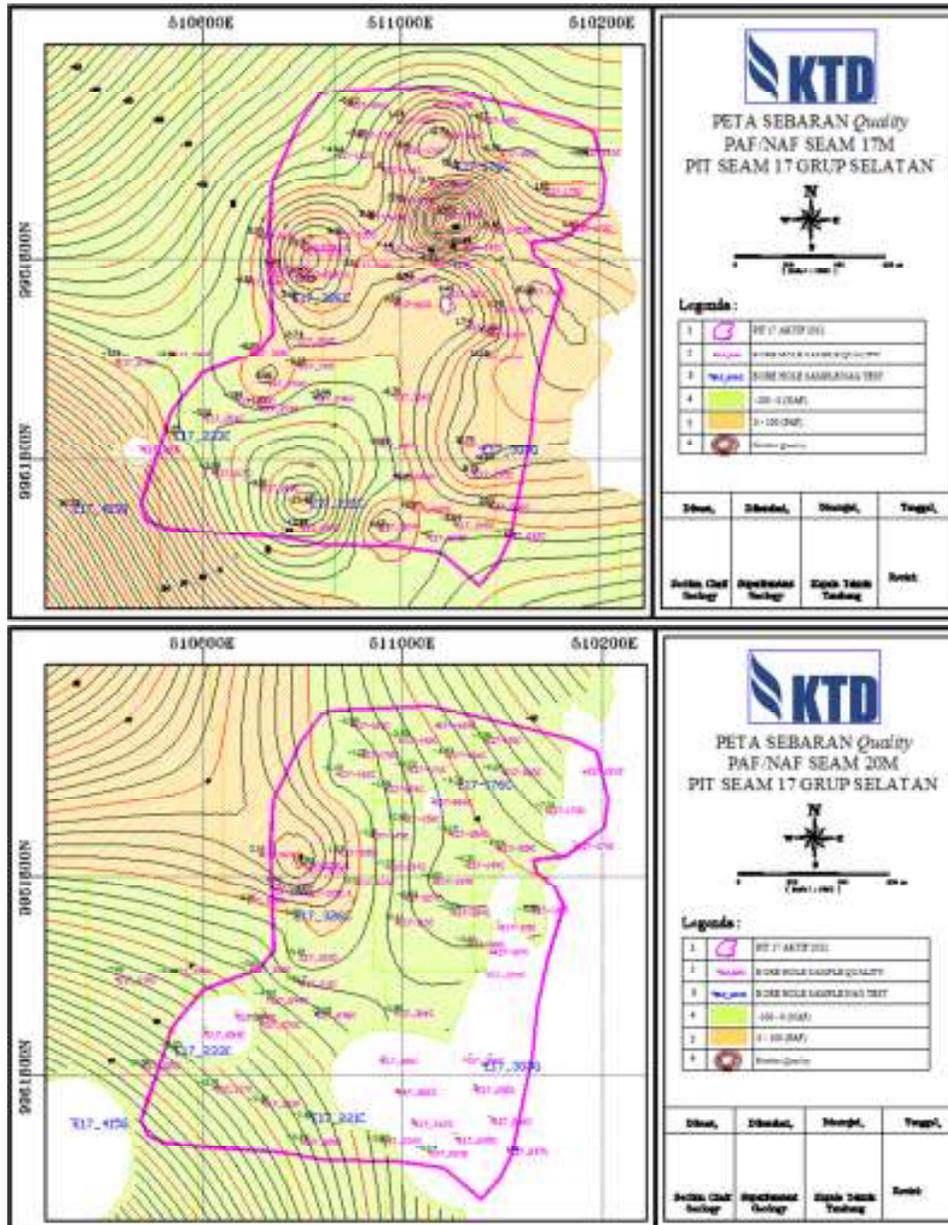
Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode ABA didapatkan nilai NAPP untuk lapisan batubara seam 20M dengan nilai tertinggi NAPP adalah 16.45 (PAF) dan nilai terendah adalah -5.88 (NAF). Dari 69 titik bor yang menjadi sample analisa dalam penelitian ini terdapat 18 titik bor untuk seam 20M. Dari 18 titik bor terdapat 5 titik bor berpotensi menjadi AAT (PAF) dan terdapat 13 titik bor seam 20M tidak berpotensi AAT (NAF). Nilai NAPP dari lapisan batubara 20M di masukkan ke dalam pemodelan geologi guna mengetahui penyebaran AAT di lapisan batubara seam 20M, hasil pemodelan geologi diketahui penyebaran AAT seam 20M berada di sebelah barat laut dari lokasi penelitian (Lampiran 3). Seam 20M berada di antar seam 17M dan seam 22M. Dari pemodelan penyebaran AAT dapat diketahui area atau lokasi seam 20M yang mengandung PAF, sehingga dalam pembuatan design tambang diusahakan tidak menimbulkan genangan yang berpotensi AAT.

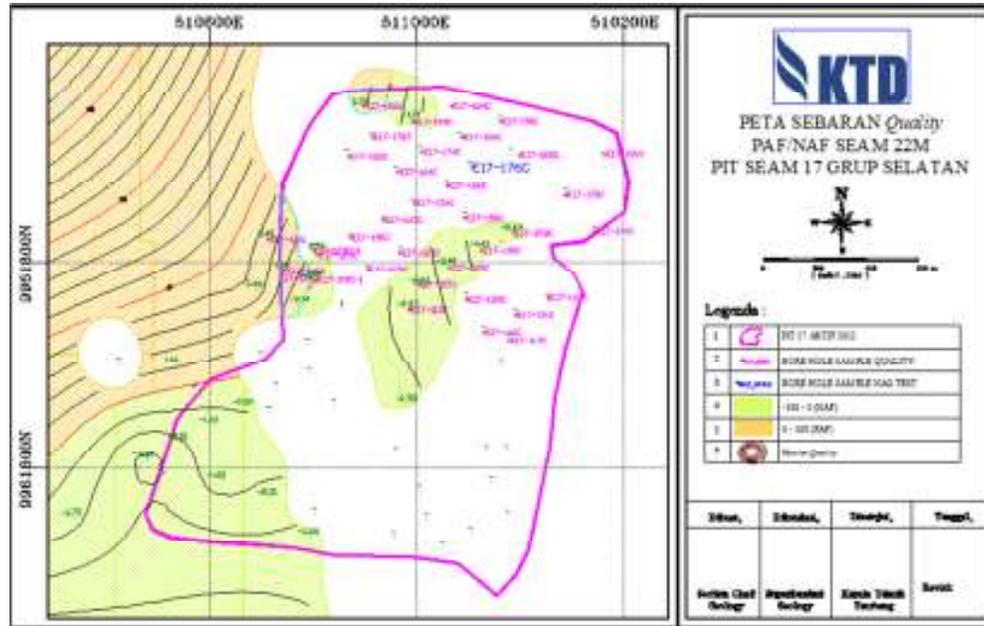
Kesimpulan

Hasil pemantauan yang dilakukan PT. Kitadin, didapatkan hasil yang sesuai dengan Baku Mutu yang ditetapkan Pemerintah. PT. Kitadin tetap melakukan perbaikan yang berkesinambungan guna mendapatkan hasil yang maksimal. Berdasarkan analisa mineral pada batuan penutup selain mineral pirit juga terdapat mineral basa (*alkaline*), umumnya dalam bentuk karbonat (*fossil*) atau *exchange cation* dalam lempung, yang dapat mengurai proses oksidasi atau menetralkan asam yang terbentuk. Sehingga nilai pH air yang ada di dalam pit tidak bersifat asam walaupun terdapat batuan yang bersifat asam (*Carbonaceous Claystone*) ini karena terdapat material basa di dalam batuan penutup itu sendiri sehingga dapat menetralkan asam yang terbentuk.

Pada tahap akhir melakukan analisis uji statik dalam menentukan kondisi PAF dan NAF bahwa, pengujian statik dapat dilakukan untuk menganalisa keberadaan mineral dalam pembentukan air asam oleh material PAF, sehingga tidak perlu terlalu jauh melanjutkan ke uji kinetik dikarenakan hanya dengan uji statik sudah cukup untuk menggambarkan karakteristik batuan. Teknologi reklamasi lahan yang sudah sangat rusak akibat penambangan adalah tergantung pada keadaan setiap lokasi. Untuk mengimplementasikan pendekatan ini, maka peraturan seharusnya menganjurkan agar survei harus dilakukan pada suatu daerah sebelum daerah tersebut terusik melalui penambangan untuk menentukan sifat-sifat hidrologinya, sifat-sifat jenis vegetasinya, serta sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Dengan adanya informasi tersebut, rencana reklamasi dapat dikembangkan atau didesain. Sebaiknya dalam melakukan analisis total sulfur

juga melakukan analisis kuantitatif jenis sulfur (*form of sulfur*) dilakukan untuk mengetahui kandungan sulfur total, sulfur organik, sulfur piritik, dan sulfur sulfat. Dari analisis kuantitatif dapat diketahui kandungan masing-masing jenis sulfur tersebut, ini menentukan bagaimana cara perlakuan penanggulangan air asam tambang secara spesifik apabila terbentuk.





DAFTAR PUSTAKA

1. Casagrande, D.J., *Suphur in Peat and Coal*. In: Scott, A.C. (editor), *Coal and Bearing Strata: Recent Advances*. Geological Society Special Publication, Vol.32. 1987.
2. Gautama R., S., "*Pengelolaan Air Asam Tambang*", Bimbingan Teknis Reklamasi dan Pascatambang pada Kegiatan Pertambangan Mineral dan Batubara Ditjen Mineral & Batubara, KESDM, Yogyakarta 20 Juni 2012.
3. GardGuide, 2010. *The Global Acid Rock Drainage Guide*, Property of The International Network for Acid Prevention (INAP).
4. Ingram, R.L., 1953. *Fissility of mudrocks*. Bulletin. Department Of Geologi and Geography, University Of North Carolina, Chapel Hill, North Carolina.
5. J. N. Bronsted and E. A Guggenheim 1927 "*Contribution to the theory of acid and basic catalysis the mutarotation of glucose*" p. 2554.
6. S. Supriatna, Sukardi dan E. Rustandi., 1995 *Peta geologi Lembar Samarinda, Kalimantan*, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung.
7. Skousen, J.G et.al., 1987. *A Review of Procedures for Surfaces Mining and Reclamation in Area with Acid-Producing Materials*. Bekerjasama dengan *The West Virginia Surface Mine Drainage Task Force-The West Virginia University dan The West Virginia Mining and Reclamation Association*, West Virginia U.S.A.

8. Stewart, Warwick, 2005. *Development of Acid Rock Drainage Prediction Methodologies for Coal Mine Wastes*. Ian Wark Research Institute University of South Australia, Australia.
9. Suits & Arthur. *Sulfur Diagenesis and Partitioning in Holocene Peru Shelf and Upper Slope Sediments*. Chemical Geology, Isotope Geoscience, Vol 163. Elsevier. 2000.
10. Sobek, A.A., Schuller, W.A., Freeman, J.R. Smith, R.M. 1978. Field and Laboratory Methods Applicable to Overburden and Minesoils. EPA 600/2-78-054.
11. Tood D.K., 1980, "Groundwater Hydrology", John Wiley and Sons, New York.
12. Twenhofel, W.H., 1939. *Terminology And The Classification Of Fine Grained Sedimentary Rock – is there a difference between a claystone, a mudstone and a shale?*, Department of Geologi and Petroleum Geologi, University for Aberdeen.
13. Pribadi, P., 2007. *Peranan Asosiasi Dalam Peningkatan Kualitas Program CSR Perusahaan Tambang*, Indonesian Mining Association, Balikpapan.
14. PT. KITADIN., 2013. *Studi Kelayakan Peningkatan Produksi Batubara Hingga 1,5juta Ton/Thanun*, PT. KITADIN KW KTN 2013 006 OP, Jakarta.
15. Van Bemmelen, 1949, *The Geologi of Indonesian*, Vol. IA, Martinus Nijhoff/The Hague, Netherlands.
16. Widyati E., 2009. *Acid Mine Drainage – Momok Lahan Bekas Tambang*, Artikel Teknik Bioremediasi, Bogor.