

# **STUDI PENCEGAHAN PEMBENTUKAN AIR ASAM TAMBANG DENGAN METODE ENKAPSULASI**

Oleh :  
Waterman Sulistyana B  
Hamzah Umar

## **RINGKASAN**

Kegiatan penambangan batubara berpotensi pencemaran berupa air asam tambang. Upaya pencegahan dilakukan dengan metode enkapsulasi pada area *waste dump*. Namun sering tidak dilakukan evaluasi terhadap model enkapsulasi serta pemantauan kualitas tanah dan air. Penelitian ini dilakukan di daerah Lati dan Sambarata Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur Indonesia untuk mengkaji penerapan metode enkapsulasi. Berdasarkan evaluasi model geokimia, material NAF hanya 20–30% dari volume total *overburden* di daerah penelitian. Jumlah material NAF yang terbatas menimbulkan permasalahan pelaksanaan metode enkapsulasi. Metode penelitian meliputi: studi pustaka, penelitian lapangan, pengambilan sampel, uji laboratorium, analisis dimensi model enkapsulasi, analisis kualitas air dan tanah.

Berdasarkan uji sifat fisika tanah, pada disposal Lati dan Sambarata terdiri dari tekstur/jenis tanah liat/lempung berdebu, permeabilitas *very low* dan porositas *high*. Sifat kimia tanah disposal Lati dan disposal Sambarata memiliki pH tanah yang sangat masam (SM) – masam (M) dan kapasitas tukar kation (KTK) bernilai rendah yang mencirikan mineral kaolinit (liat).

Pengukuran kualitas air menunjukkan enkapsulasi di Sambarata berhasil mencegah pembentukan AAT, sedangkan metode enkapsulasi di Lati kurang berhasil. Hal ini disebabkan oleh adanya reaksi antara air dan oksigen dengan lapisan PAF membentuk AAT. Lapisan NAF di Lati yang berupa sandstone dengan ukuran butir *fine–very fine sand* yang cenderung meloloskan air, sementara untuk litologi NAF pada daerah Sambarata didominasi oleh mudstone yang relatif kompak, sehingga kemungkinan untuk meloloskan air relatif kecil.

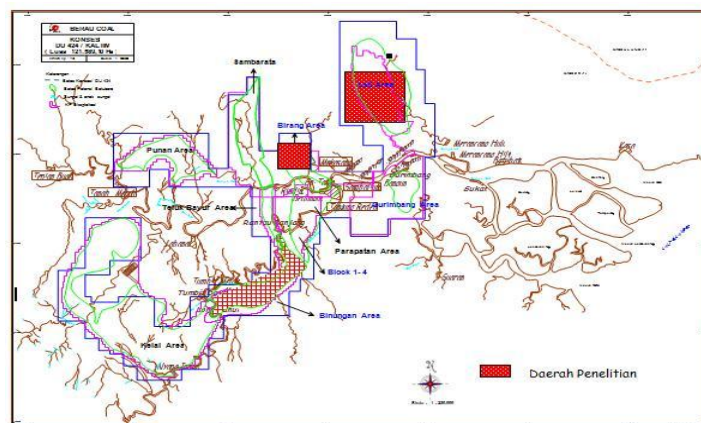
*Keyword: air asam, enkapsulasi, pemantauan, kualitas tanah, kualitas air*

## 1. PENDAHULUAN

Potensi pencemaran akibat penambangan batubara adalah terbentuknya air asam tambang (AAT) yaitu karakteristik ekstrim air tambang dengan pH rendah dan konsentrasi logam terlarut tinggi. Fenomena tersebut terjadi akibat oksidasi alamiah mineral sulfidik pada overburden selama kegiatan penambangan batubara. Karakteristik ekstrim tersebut menyebabkan terganggunya ekosistem perairan. Metode preventif berupa enkapsulasi dilakukan untuk penanganan air asam tambang.

Freeport Indonesia (Rusdinar dan Prasetyo, 2008) melakukan penanganan dengan memanfaatkan batuan penutup jenis batugamping yang melimpah pada kawasan timbunan Grasberg yang berfungsi sebagai sumber alkalinitas untuk menetralkan AMD dan memperlambat laju oksidasi. Kaltim Prima Coal (Nugraha dan Hendra, 2004) melakukan pengelolaan AMD menggunakan 3 (tiga) parameter perlapisan batuan penutup yaitu penutup batuan NAF 10-20m tidak dipadatkan, penutup batuan NAF 2m dipadatkan, dan penutup tanah liat 1m dipadatkan. Pengukuran kinerja lapisan penutup menunjukkan hasil yang cukup konsisten yang mampu mengurangi terjadinya oksidasi batuan PAF pada timbunan.

Penelitian ini dilakukan pada tambang batubara Lati dan Sambarata Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur Indonesia. Produksi batubara relatif besar berpotensi merubah bentang alam. Daerah tersebut memiliki iklim tropis dengan curah hujan cenderung tinggi sepanjang tahun, berkisar antara 105–258 mm per bulan, sedangkan hari hujan merata sepanjang tahun. Curah hujan tersebut berpotensi memperluas area pencemaran AMD. Berdasarkan eksplorasi geokimia batuan penutup terdiri dari batuan NAF dengan jumlah material lebih kecil dibandingkan dengan batuan PAF. Permasalahan dalam penelitian adalah efektivitas rancangan metode enkapsulasi pada disposal area menggunakan keterbatasan jumlah material NAF. Penelitian bertujuan untuk mengkaji penerapan metode enkapsulasi dengan lapisan NAF dalam upaya pencegahan pembentukan AMD.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian di wilayah konsesi PT. Berau Coal, Tbk

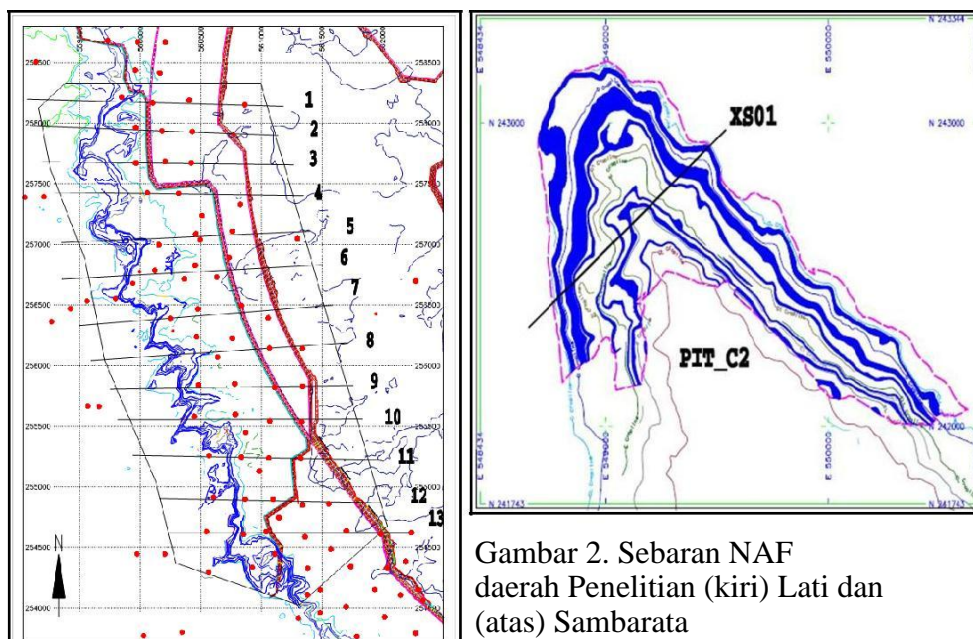
Metode penelitian meliputi studi literature, penelitian lapangan, pengambilan sampel, kompilasi data, pengolahan dan analisis data sehingga menghasilkan evaluasi penerapan metode enkapsulasi di daerah penelitian. Evaluasi didasarkan pada pemenuhan Kepmen No.13 tahun 2003 tentang Baku Mutu Lingkungan untuk Air Limbah.

## 2. GEOLOGI

Secara geologi lokasi penelitian termasuk Subcekungan Berau (bagian Cekungan Tarakan). Subcekungan Berau diperkirakan minimal telah mengalami empat kali tektonik. Tektonik pertama terjadi pada akhir Kapur, yang mengakibatkan terbentuknya struktur perlipatan, pensesaran, dan pemalihan regional derajat rendah. Tektonik kedua (Eosen-Oligosen) mengakibatkan terjadinya proses pengendapan sedimen berumur Oligosen-Miosen, dan secara setempat diikuti dengan terobosan batuan beku andesitik sehingga terbentuk satuan gunung api. Tektonik ketiga (Miosen Akhir–Pliosen) terendapkan Formasi Labanan dan Formasi Lati. Tektonik keempat terjadi perlipatan dan pensesaran, yang mengakibatkan beberapa lapisan batubara tersingkap di sungai dan terangkat di atas permukaan laut, sehingga lapisan batubara di daerah Tanjung Redep memiliki kadar air relatif rendah.

Berdasarkan peta geologi Lembar Tanjung Redep skala 1:250.000 (Situmorang & Burhan, 1995) tatanan stratigrafi di daerah Berau diawali dengan Formasi Birang sebagai formasi tertua yang disusun (bagian bawah) oleh lapisan napal, konglomerat, batupasir, batulempung dan batubara, dan di bagian atas formasi ini tersusun oleh batugamping, tufa dan napal. Di atasnya diendapkan Formasi Langkap/Lati (Miosen Awal-Miosen Tengah) terdiri dari batupasir kuarsa, batulempung, batulanau dan lapisan batubara di bagian atasnya, sisipan serpih pasiran dan batugamping di bagian bawah, lingkungan pengendapan Lati adalah lingkungan delta, estuarian dan laut dangkal. Selanjutnya diendapkan Formasi Labanan, terdiri dari perselingan konglomerat, batupasir, batulanau, batulempung yang disisipi oleh batugamping dan batubara dengan diendapkan pada lingkungan fluviatil (Miosen Akhir-Pliosen).

Identifikasi geokimia lapisan overburden didasarkan pada hasil kegiatan pemboran inti (full coring), dan pengambilan sampel pada dinding tambang, sehingga dapat diperoleh urutan stratigrafi batuan NAF dan PAF.



Gambar 2. Sebaran NAF daerah Penelitian (kiri) Lati dan (atas) Samarata

Berdasarkan model geokimia NAF dan PAF sebaran lapisan litologi NAF dan volume litologi NAF relatif lebih kecil dibandingkan dengan sebaran dan volume litologi PAF. Untuk lokasi Lati sebaran litologi NAF tersebar ke utara-barat laut (N345°E/20°) dengan empat seam litologi NAF dari tua ke muda (Tabel 1).

Tabel 1. Litologi NAF Lati

Kode	Litologi	Tebal (m)	Volume (Bcm)
NAF_L1	Sandstone	11,35	14.933.873,27
NAF_L2	Sandstone	6,89	31.099.589,81
NAF_L3	Sandstone	6,35	8.114.773,49
NAF_L4	Sandstone	4,55	6.565.852,38
Total NAF			60.714.088,95
Total Overburden Lati			309.412.182,87
Persentase			19,62%

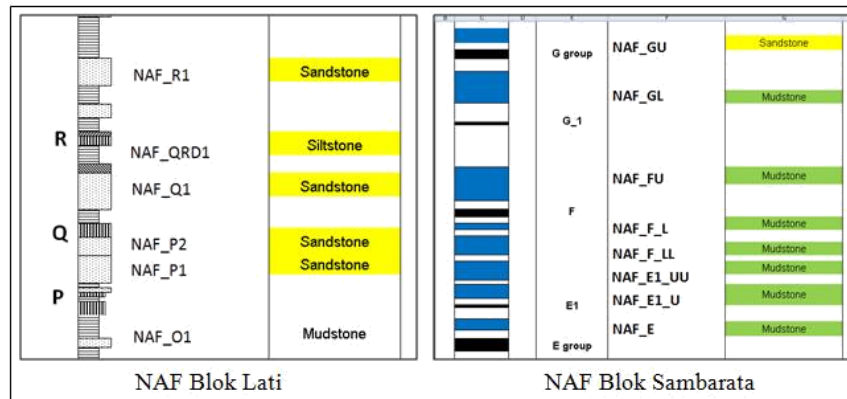
Sedangkan sebaran lapisan litologi NAF daerah Sambarata mengikuti pola sinklin, dengan jumlah 13 (tiga belas) lapisan litologi NAF pada dua blok, Pit C2 dan Pit E1-G1 (Tabel 2.)

Tabel 2. Litologi NAF Sambarata (dari muda ke tua)

Blok	Kode	Litologi	Tebal (m)	Volume (Bcm)
Pit C2	NAF_S1	Mudstone	8,00	17.492.009,74
	NAF_S2	Mudstone	4,00	
	NAF_S3	Sandstone	1,50	
	NAF_S4	Mudstone	3,58	
	NAF_S5	Siltstone	4,37	
	NAF_S6	Sandstone	2,36	
	NAF_S7	Mudstone	7,59	
Pit E1_G1	NAF_S8	Mudstone	6,00	3.129.958,58
	NAF_S9	Mudstone	1,19	
	NAF_S10	Mudstone	3,54	
	NAF_S11	Mudstone	4,43	
	NAF_S12	Mudstone	3,12	
	NAF_S13	Mudstone	3,68	
Total NAF				20.621.968,32
Total Overburden Sambarata				58.056.071,25
Persentase				35,52%

Secara geologi, sandstone dan mudstone memiliki karakter fisik yang berbeda, mulai dari tekstur, ukuran butir dan kekompakannya. Sandstone bertekstur klastik dengan ukuran butir fine – very fine sand, tidak kedap karena memiliki kecenderungan untuk meloloskan air, sementara mudstone memiliki tekstur klastik halus, clay dan kompak, sehingga kemampuan untuk meloloskan air relatif kecil. Daerah blok West Lati didominasi oleh litologi NAF sandstone yang akan diterapkan enkapsulasi, sementara blok Sambarata B1 didominasi oleh litologi NAF mudstone (Gambar 3). Hal ini akan mempengaruhi pada efektivitas enkapsulasi yang ada dalam mencegah

pembentukan AAT karena sifat fisik batuan yang berbeda.



Gambar 3. Perbandingan urutan litologi NAF Lati dan Samarata

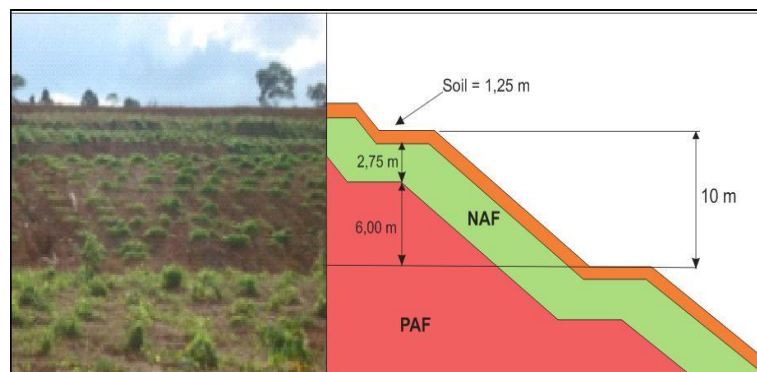
### 3. METODE ENKAPSULASI

Berdasarkan pola kemiringan lapisan batubara, kondisi geomorfologi areal penambangan, geoteknik batuan, ketersediaan areal bukaan, secara umum penambangan batubara di daerah penelitian dibagi menjadi dua bagian yaitu metode penambangan box-cut contour mining dan metode pola penambangan kombinasi antara open pit dan box-cut contour mining. Pola penambangan box-cut contour mining dilakukan pada areal dengan kemiringan lapisan relatif landai dan luas areal timbunan di luar areal tambang relatif sangat terbatas. Pola penambangan kombinasi antara open pit dan box-cut contour mining dilakukan pada areal dengan kemiringan lapisan batubara relatif sedang sampai terjal.

Pada tahap awal areal bukaan tambang diupayakan tidak terlalu luas dan diselesaikan dalam waktu relatif cepat. Hal ini bertujuan untuk memperkecil areal untuk lokasi penimbunan lapisan penutup. Lubang bukaan yang telah ditambang dimanfaatkan sebagai lokasi penimbunan tanah penutup berikutnya. Lapisan tanah dan batuan penutup dipisahkan berdasarkan tingkat kesuburan dan komposisi kimia tanah dan batuan (NAF dan PAF). Pencegahan pencemaran AAT dilakukan dengan menerapkan metode enkapsulasi pada area waste dump.

Penerapan metode enkapsulasi dilaksanakan dengan kriteria sebagai berikut:

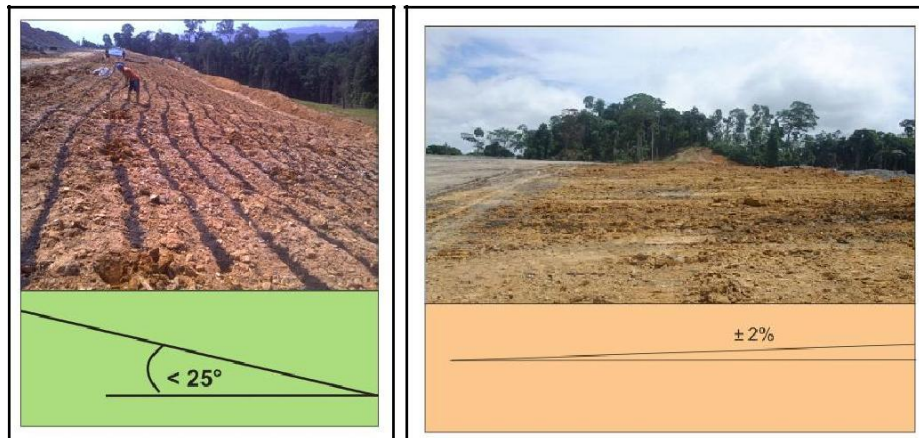
- a) Ketinggian jenjang individu disposal kurang dari 10m (Gambar 4).



Gambar 4. Tinggi jenjang individu sekitar 10m pada disposal Samarata

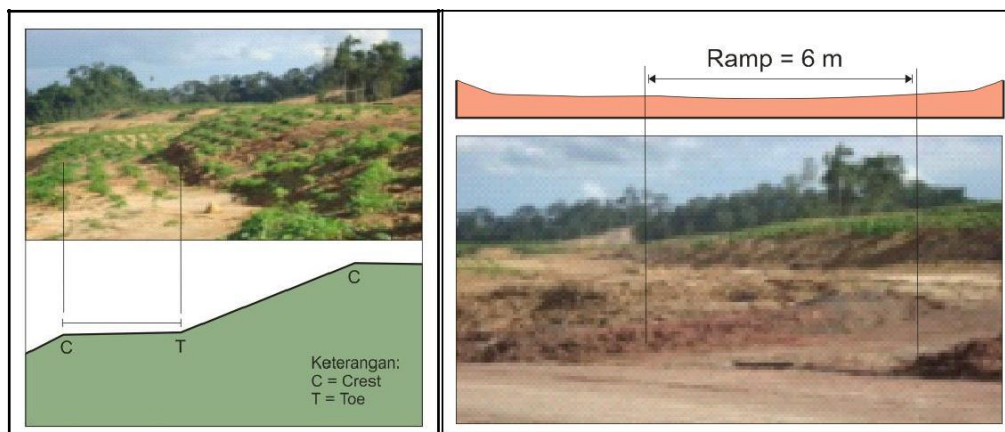
- b) Kemiringan lereng tunggal disposal setelah tertutup top soil maksimal 25<sup>0</sup>.

Pertimbangan hidrogeologi dan geoteknik dipakai untuk meminimumkan pengaruh eksternal seperti iklim, hujan, dan angin yang dapat menimbulkan potensi erosi dan terbentuknya air asam tambang.



Gambar 5. Kemiringan lereng tunggal disposal  $< 25^\circ$  dan backslope  $\pm 2\%$

- c) Kemiringan bidang datar ke arah dalam dengan kemiringan rata-rata 2% untuk membantu penyaliran air, dan mencegah terjadinya erosi, dengan cara memperlambat debit aliran air.
- d) Lebar berm disesuaikan dengan ketinggian dan kemiringan jenjang keseluruhan, serta manuver peralatan tambang.
- e) Akses untuk aktivitas revegetasi dengan lebar sekitar 6m, dan grade jalan  $< 8\%$ . Akses diperlukan untuk pemantauan kegiatan reklamasi dan pascatambang.



Gambar 6. Lebar berm mengikuti perjenjangan dan ramp jalan untuk revegetasi

- f) Fasilitas drainage terletak pada kaki slope tiap jenjang timbunan. Penyaliran air untuk mencegah adanya genangan pada timbunan yang dapat mengakibatkan terjadi presipitasi air, selanjutnya dapat memicu reaksi pembentukan air asam tambang.
- g) Fasilitas sediment pond sesuai standar berfungsi untuk menahan laju sedimentasi dari disposal, mengendapkan padatan terlarut dan unsur logam dalam air.

#### 4. HASIL PENELITIAN

Penelitian kualitas air dilakukan pada lokasi disposal yang telah menerapkan metode enkapsulasi dan disposal dengan metode enkapsulasi. Hasil uji kualitas air daerah disposal Lati dan Samarata yang tidak menerapkan metode enkapsulasi

menunjukkan kecenderungan di bawah baku mutu lingkungan berdasarkan parameter pH, kadar residu tersuspensi (TSS), kadar Fe total, dan kadar Mn total (Table 3). Penelitian pada beberapa disposal yang telah dilakukan revegetasi juga memiliki kecenderungan terhadap pembentukan air asam tambang.

Tabel 3. Hasil pengukuran kadar pH pada disposal yang tidak menerapkan metode enkapsulasi

Site Lati	pH	TSS (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Date
Disposal 500	4,05	88	1,43	0,93	Tuesday, March 30, 2010
Disposal Q3	3,10	134	2,25	1,40	Tuesday, March 30, 2010
Disposal Q8	3,86	176	2,50	0,95	Tuesday, March 30, 2010
Pit East 2	2,40	68	2,98	1,01	Tuesday, March 30, 2010
Pit Other seam	3,53	138	1,32	0,55	Wednesday, March 31, 2010

Site Samarata	pH	TSS (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Date
IPD AA	3,13	-	-	-	Sunday, March 28, 2010
Disposal C6	2,97	-	-	-	Sunday, March 28, 2010
Disposal B2	3,67	39	0,90	0,87	Sunday, March 28, 2010
Disposal B1	2,46	155	1,80	1,43	Sunday, March 28, 2010
Disposal B4	2,68	75	2,90	0,99	Sunday, March 28, 2010

Strategi kerja terhadap penanganan AMD dengan metode preventif berupa selektif dumping dengan metode enkapsulasi memakai material PAF. Selektif dumping meliputi pekerjaan: (a) prediksi potensi pembentukan air asam tambang, (b) perencanaan dan pelaksanaan kegiatan penambangan dan reklamasi dengan mempertimbangkan resiko pembentukan AAT, (c) monitoring dan evaluasi kinerja

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air disposal Lati dilakukan dua periode pascaenkapsulasi yaitu periode triwulan 4 tahun 2010 dan triwulan 1 tahun 2014 menunjukkan kecenderungan proses pembentukan air asam tambang. Sedangkan hasil pengukuran kualitas air disposal Samarata dilakukan dua periode pascaenkapsulasi yaitu periode triwulan 4 tahun 2010 dan triwulan 1 tahun 2014 tidak menunjukkan kecenderungan proses pembentukan air asam tambang.

## 5. PEMBAHASAN

### 5.1 Kualitas Tanah

Berdasarkan hasil pengukuran parameter fisik lapisan tanah pada enkapsulasi, densitas tanah pada daerah Lati dan Samarata pada umumnya memiliki klasifikasi *good* sampai *bad* (Korotaev, 1992). Rona awal tanah lokasi Samarata diklasifikasikan *good*, menunjukkan nilai densitas kering di daerah tersebut dalam rentang densitas kering, material asli belum terganggu. Sedangkan rona awal tanah daerah Lati menunjukkan klasifikasi *bad*.

Kadar air asli (insitu) di beberapa lokasi menunjukkan kadar air terendah pada nilai 18.21% di Blok Lati Disposal dan menunjukkan kadar air tertinggi di Blok Lati Original sebesar 29.59%. dengan melihat dari original blok Lati yang memiliki dominasi sinklin sehingga mengakibatkan air dengan mudah terjebak dalam matriks-matriks liat yang mempunyai sifat ataupun kapasitas air yang bagus. Sedangkan pada blok Samarata memiliki nilai kadar air asli pada area disposal sebesar 19.46%

sementara nilai kadar air asli pada area original adalah 18.52%, sedikit lebih rendah dibanding area disposal. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh reklamasi yang memiliki dampak positif terhadap perkembangan kemampuan tanah, dimana adanya aktifitas vegetasi dipermukaan tanah mengakibatkan kadar air asli pada beberapa tempat menjadi bertambah.

Dominasi porositas tinggi pada keseluruhan blok Lati dan Sambarata berbanding lurus dengan kadar air aslinya (water content). Jenis tanah yang berada pada seluruh blok, baik itu Blok Lati maupun Blok Sambarata tergolong pada kategori tanah lempung berdebu. Hasil analisa laboratorium terhadap kelas tekstur tanah dari semua contoh sampel pengamatan menunjukkan bahwa umumnya tanah-tanah yang dianalisa memiliki tekstur lempung berdebu kecuali tekstur tanah dari lokasi pengamatan tanah asli Blok Sambarata Original yang memiliki tekstur lempung.

Untuk pengukuran sifat kimia tanah terdiri atas pengukuran pH (kemasaman) tanah dan Kapasitas Tukar Kation (KTK). Hasil pemantauan kemasaman tanah di lokasi penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-ran pH tanah di site Sambarata mempunyai nilai sangat masam (SM) hingga masam (M) dan site Lati sangat masam (SM) sedangkan untuk rona awal pH tanah bernilai SM (Tabel 4).

Tabel 4. pH Tanah pada Lahan Revegetasi Pascatambang di daerah penelitian

SITE	DISPOSAL			RONA AWAL		
	A	B	C	A	B	C
Sambarata	M	M	M	SM	SM	SM
Lati	SM	SM	SM	SM	SM	SM

Keterangan: A = 00-10 cm, B = 11-30 cm, C = 31-60 cm, SM = Sangat Masam, M = Masam, AM = Agak Masam, N = Netral

Sementara untuk pengukuran Kapasitas Tukar Kation (KTK), berdasarkan Tabel 5 rata-ran KTK tanah Lahan site Sambarata dan Lati bernilai rendah (R) demikian pula untuk tanah di Lahan original pada rona awalnya.

Tabel 5. KTK Tanah pada Lahan Revegetasi Pascatambang di PT Berau Coal

SITE	DISPOSAL			RONA AWAL		
	A	B	C	A	B	C
Sambarata	R	R	R	R	R	R
Lati	R	R	R	R	R	R

Keterangan: A = 00-10 cm, B = 11-30 cm, C = 31-60 cm = Sangat Rendah, R = Rendah, S = Sedang, T = Tinggi, ST = Sangat Tinggi

Berdasarkan penelitian lapangan tekstur tanah sebagian besar wilayah penelitian adalah liat, rentang nilai KTK tanahnya menunjukkan rentang nilai yang dimiliki oleh mineral liat Kaolinit. Patut diduga bahwa KTK tanah di daerah penelitian lebih banyak dipengaruhi fraksi liat baik dalam jumlah maupun jenisnya. Kandungan bahan organik sebagai penyumbang KTK untuk wilayah penelitian tergolong rendah sehingga kecil kemungkinan pasokan bahan organik dari vegetasi yang ada saat ini akan meningkatkan KTK.

## 5.2 Kualitas Air

Pengukuran dan pemantauan kualitas air didasarkan pada baku mutu lingkungan (BML). Evaluasi dilakukan pada disposal Sambarata dan Lati.



## a) Evaluasi Disposal Sambarata

Hasil pengukuran kualitas air disposal Sambarata dilakukan pada dua periode pascaenkapsulasi yaitu periode triwulan 4 tahun 2010 dan triwulan 1 tahun 2014 menunjukkan adanya proses pembentukan air asam tambang yang sangat minim. Hal ini dapat dipengaruhi oleh adanya rantai oksidasi yang terputus oleh karena tidak terjadi infiltrasi oleh air hujan. Berdasarkan hasil eksplorasi geokimia, dan pemetaan geologi, jenis litologi NAF Sambarata didominasi oleh mudstone yang cukup kompak, sehingga jenis litologi tersebut berperan dalam mencegah terjadinya rembesan air permukaan menuju lapisan OB PAF pada metode enkapsulasi. Tabel 6 menunjukkan konsistensi hasil pengukuran kadar pH, kadar residu tersuspensi (TSS), kadar Fe Total, dan kadar Mn Total hingga triwulan 1 tahun 2014.

Tabel 6. Hasil pengukuran air setelah dilakukan enkapsulasi di Sambarata (2014)

Code of Sample	Keterangan Lokasi	Jan	Feb	Mar	Jan	Feb	Mar	Jan	Feb	Mar	Jan	Feb	Mar
		pH			TSS (mg/L)			Mn (mg/L)			Fe (mg/L)		
WMP 14 ST	Pit E1 dan Pit G1	7.39	8.02	7.05	32	38	8	2.53	2.24	1.21	70.02	0.14	0.05
WMP 30 ST	OPD B3 North	6.50	7.21	6.37	72	30	14	2.03	0.33	0.25	0.05	0.46	0.07
WMP 38 ST	OPD B3, B2	7.69	7.41	7.52	20	18	16	0.08	0.12	70.02	0.21	0.05	0.03

## b) Evaluasi Disposal Lati

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air disposal Lati yang dilakukan 2 (dua) periode pascaenkapsulasi yaitu periode triwulan 4 tahun 2010 dan triwulan 1 tahun 2014 menunjukkan adanya proses pembentukan air asam tambang. Hal ini dipengaruhi oleh adanya proses oksidasi akibat infiltrasi air hujan menembus lapisan NAF menuju lapisan PAF pada disposal Lati. Berdasarkan hasil eksplorasi geokimia, dan pemetaan geologi, jenis litologi NAF Lati didominasi oleh sandstone yang memiliki ukuran butir fine-very fine sand. Sandstone cenderung memiliki keseragaman ukuran butir dan mudah untuk meloloskan air, sehingga infiltrasi air permukaan dapat mengkontaminasi lapisan PAF yang telah di-kapsulasi, sehingga cenderung membentuk air asam tambang. Tabel 7 menunjukkan konsistensi hasil pengukuran kadar pH, kadar residu tersuspensi (TSS), kadar Fe Total, dan kadar Mn Total hingga triwulan 1 tahun 2014. Kualitas air terutama nilai pH berada di bawah standar baku mutu lingkungan.

Pada periode awal pascaenkapsulasi, penelitian terhadap dua lokasi penerapan metode enkapsulasi di areal Lati menunjukkan kualitas air yang baik yaitu sesuai dengan standar baku mutu lingkungan (BML) yang ditentukan oleh pemerintah. Namun demikian setelah tiga tahun, disposal enkapsulasi Lati menunjukkan kualitas air yang asam (nilai pH = 4).

Tabel 7. Hasil pengukuran air setelah dilakukan enkapsulasi di Lati (2014)

Code of Sample	Keterangan Lokasi	Jan	Feb	Mar	Jan	Feb	Mar	Jan	Feb	Mar	Jan	Feb	Mar
		pH			TSS (mg/L)			Mn (mg/L)			Fe (mg/L)		
WMP 09 LT	Disposal West 03	5.70	4.00	4.87	32	8	16	1.77	0.56	0.31	2.05	1.85	0.05
WMP 12 LT	Pit West	3.44	2.97	3.51	108	131	136	3.33	-	2.57	8	-	7

Daerah penelitian beriklim tropis dengan tingkat curah hujan sedang – tinggi dapat mempercepat proses pelapukan, dan erosi. Lapisan topsoil di lokasi penelitian umumnya adalah kaolinit mudah retak pada kondisi kering, dan dapat membentuk rekahan untuk infiltrasi air hujan. Lapisan NAF sandstone dapat berfungsi mencegah rembesan air menuju lapisan PAF yang telah dienkapsulasi.

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Hasil pemodelan menunjukkan 19,62% overburden Lati berupa NAF yang di dominasi oleh sandstone. Sedangkan 35.52% overburden Sambarata berupa NAF didominasi oleh litologi Mudstone.
- b. Enkapsulasi di disposal Sambarata memberikan hasil konsisten terhadap pencegahan air asam tambang. Pada periode awal pascaenkapsulasi menunjukkan kualitas air baik, sesuai dengan standar baku mutu lingkungan. Setelah 3 tahun disposal enkapsulasi Sambarata tidak mengalami pembentukan air asam tambang
- c. Pada periode awal pascaenkapsulasi disposal Lati menunjukkan kualitas air baik, Namun setelah 3 tahun disposal enkapsulasi Lati mengalami kebocoran lapisan NAF, sehingga kembali terkontaminasi membentuk air asam tambang (AAT), dengan kualitas air limbah di bawah standar BML. Hal ini disebabkan oleh lapisan NAF yang digunakan dalam enkapsulasi adalah sandstone
- d. Sifat kimia tanah disposal Lati memiliki pH tanah Sangat Masam (SM) dan kapasitas tukar kation bernilai rendah yang mencirikan mineral kaolinit (liat), sedangkan sifat kimia tanah disposal Sambarata memiliki pH tanah yang Masam (M) dan kapasitas tukar kation (KTK) bernilai rendah.

Saran pada penelitian ini adalah:

- a) Karakteristik litologi sandstone NAF mempengaruhi metode enkapsulasi yang diterapkan, disarankan melakukan kompaksi material sandstone atau pencampuran material sandstone NAF dengan material lempung dengan komposisi tertentu sehingga dapat berfungsi baik dalam enkapsulasi.
- b) Jenis tanah (soil) yang ada di daerah site Lati dan site Sambarata merupakan jenis tanah liat yang sama yaitu Kaolinit, tetapi enkapsulasi di site Lati dan site Sambarata memberi hasil kualitas air yang berbeda. Fenomena tersebut perlu ditindaklanjuti dengan penelitian lanjutan terkait sifat kimia dan fisik tanah (soil) yang ada di daerah penelitian, khususnya terhadap potensi reaksi kimia antara oksigen dan air dari permukaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Djakamiharja, Achmad S, 2008. *Kajian Substrat Buatan Berbasis Material Lokal Sebagai Media Revegetasi pada Kegiatan Reklamasi di PT. Berau Coal, Kalimantan Timur*. Proceeding IAGI 2010 – Yogyakarta
- Kepmen Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara.
- Nugraha, C., dan Hendra A., 2004, *Pengelolaan Masalah Air Asam Tambang dengan Metode Lapisan Penutup di Tambang Terbuka*. PT. Kaltim Prima Coal, Sangatta Kutai Timur.
- PT. Kaltim Prima Coal, Environment Department, 2001, Rehabilitation Specifications Version 2.

- Robertson, Andy., 1992, *Chapter of Prediction of Acid Generation Potential, Mine Waste Management - A Resource for Mining Industry Professional, Regulators and Consulting Engineers*, Lewis Publisher, Boca Raton New York.
- Rudy Sayoga Gautama, Ginting Jalu Kusuma, 2008, *Evaluation of Geochemical Tests in Predicting Acid Mine Drainage Potential in Coal Surface Mine*. Mining – ITB, Bandung.
- Sambarata Mine Operation, 2010, *Metode Enkapsulasi “Dry Cover” sebagai upaya pencegahan pembentukan air asam tambang – studi kasus OPD B3, Site Sambarata PT. Berau Coal*.
- Stewart, W., Michzelsen, Dan., 1999, *Management Of Potentially Acid Forming Overburden at Kaltim Prima Coal*, Proceeding of the TMS Symposium, San Diego, California
- Umar, H., 2008, *Laporan Pemboran Eksplorasi Untuk Analisa Geokimia Batuan Daerah Lati PT. Berau Coal, Kabupaten Berau* (Unpublished report -jurnal).
- Umar, H., 2009, *Acid Mine Drainage Preventif Method Framework “Pemodelan Litologi NAF Daerah Lati – Lati Mine Operation PT. Berau Coal, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur*.