

PENCEMARAN AIR DAN TANAH DI KAWASAN PERTAMBANGAN BATUBARA DI PT. BERAU COAL, KALIMANTAN TIMUR

Dyah Marganingrum dan Rhazista Noviardi

ABSTRACT *The aim of this study is to determine any factors that may cause the pH of water along the Lati River fluctuates and tends to be acid. The method used is to take and to analyze same water and soil samples from the study area. The pH analysis of water from upstream of Lati River shows normal value (pH=6.5). However, along the Lati River, the pH value fluctuated. The pH value of water from downstream Lati is more acid, which is of 4.6. Results of soil analysis show that pH of the soil in the study location is acid (pH<6). The land that is dominated by dust and relatively has high rainfall caused the soil at this area is eroded easily. Run off processes, which brought sulfide (pyrite) material as erosion product from disposal and forest, is suspected as the cause of pH of water along the Lati River is under the normal value. Therefore, various efforts for conservation of water and soil of used mine that is generally rich of sulfide mineral ought to be a part of mining activities.*

Keywords : mining, coal, pH, acid mine drainage, conservation

Naskah masuk: 1 April 2009

Naskah diterima: 27 Juni 2009

Dyah Marganingrum
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Email : dyah@geotek.lipi.go.id

Rhazista Noviardi
UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon
Jl. Cihaur No. 2 Desa Kertajaya, Kecamatan
Simpenan, Kabupaten Sukabumi
Email: rhazista72@yahoo.com

ABSTRAK Studi ini bertujuan untuk mengetahui faktor penyebab pH air sungai sepanjang Sungai Lati mengalami fluktuasi dan cenderung asam. Metode yang digunakan adalah mengambil dan menganalisa sampel air dan tanah di sekitar lokasi studi. Berdasarkan hasil analisis di hulu Sungai Lati pH air masih menunjukkan nilai yang normal yaitu 6,5. Namun sepanjang perjalanannya, pH mengalami fluktuasi. Nilai pH di hilir Sungai Lati menjadi asam yaitu sebesar 4,6. Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa pH tanah disekitar lokasi studi bersifat asam (< 6). Sementara tekstur tanah yang didominasi oleh debu dan curah hujan yang relatif tinggi menyebabkan tanah disekitar lokasi mudah mengalami erosi. Proses *run off* dengan membawa material sulfida (pirit) hasil erosi, baik dari disposal maupun hutan sekitar, diduga sebagai penyebab pH air sungai sepanjang Sungai Lati dibawah normal. Oleh karena itu berbagai upaya untuk konservasi air dan tanah bekas tambang maupun tanah sekitar penambangan batubara yang umumnya kaya akan mineral sulfida seharusnya menjadi bagian dari aktivitas penambangan.

Kata kunci : penambangan, batubara, pH, air asam, konservasi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pertambangan merupakan suatu bidang usaha yang karena sifat kegiatannya pada dasarnya selalu menimbulkan perubahan pada alam lingkungannya (BPLHD Jabar, 2005). Aktivitas pertambangan selalu membawa dua sisi. Sisi pertama adalah memacu kemakmuran ekonomi negara.

Sisi yang lainnya adalah timbulnya dampak lingkungan yang memerlukan tenaga, pikiran, dan biaya yang cukup signifikan untuk proses pemulihannya.

Salah satu komoditi tambang yang banyak diusahakan saat ini, untuk memenuhi kebutuhan energi di Indonesia, adalah batubara. Pada saat ini Indonesia memiliki potensi sumberdaya batubara sekitar 60 miliar ton dengan cadangan 7 miliar ton (Witoto, 2007). Di lain pihak, tambang batubara di Indonesia umumnya dilakukan dengan cara tambang terbuka, walaupun ada beberapa yang menggunakan tambang bawah tanah (*underground mining*), sehingga akan berdampak terhadap perubahan bentang alam, sifat fisik, kimia, dan biologis tanah, serta secara umum menimbulkan kerusakan pada permukaan bumi. Dampak ini secara otomatis akan mengganggu ekosistem di atasnya, termasuk tata air (Subardja, 2007).

Permasalahan lingkungan dalam aktivitas pertambangan batubara umumnya terkait dengan Air Asam Tambang (AAT) atau *Acid Mine Drainage* (AMD). Air tersebut terbentuk sebagai hasil oksidasi mineral sulfida tertentu yang terkandung dalam batuan oleh oksigen di udara pada lingkungan berair (Sayoga, 2007).

Artikel ini berbasis kepada riset di lingkungan pertambangan PT. Berau Coal yang terletak di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur (Gambar 1). Metoda penambangan yang dilakukan pada PT. Berau Coal sampai saat ini adalah tambang terbuka (*open pit mining*) dengan menggunakan alat mekanis *truck* dan *shovel* (Subardja, 2007). Pengupasan tanah penutup (*overburden*), penggalian batubaranya sendiri, serta *waste material* menyebabkan tersingkapnya tanah/batuan yang mengandung mineral sulfida, antara lain berupa Pirit (*Pyrite*) dan Markasit (*Marcasite*). Mineral sulfida tersebut selanjutnya bereaksi dengan oksidan dan air membentuk air asam tambang. Air asam tambang ini akan mengikis tanah dan batuan yang berakibat pada larutnya berbagai logam seperti besi (Fe), cadmium (Cd), mangan (Mn), dan seng (Zn). Dengan demikian, selain dicirikan oleh pH yang

rendah, air asam tambang juga akan mengandung logam-logam dengan konsentrasi tinggi, sehingga dapat berakibat buruk pada kesehatan lingkungan maupun manusia (Juari, 2006).

Kegiatan penambangan batubara di Lati telah dilengkapi dengan sistem pengolahan air limbah menggunakan metode pengendalian aktif. Penetralan pH dilakukan dengan mencampurkan Kalsium Hidroksida (CaOH) secara langsung ke air asam tambang yang ada pada kolam pengendapan dengan menggunakan sistem kincir (Subardja, 2007). Jumlah CaOH yang diberikan disesuaikan dengan aliran (debit) air asam. Cara ini cukup efektif untuk menurunkan tingkat keasaman air secara drastis hingga mencapai pH normal – basa (pH > 6-7) sebelum masuk ke badan sungai. Meskipun demikian, data yang diperoleh dari pengambilan kualitas air di sepanjang Sungai Lati (dari hulu – hilir) memperlihatkan nilai pH yang berfluktuasi dan cenderung asam. Kondisi seperti ini mencerminkan bahwa sepanjang perjalanan aliran sungai terjadi suplai substrat (mineral sulfida) sebagai pemicu terbentuknya air asam tambang yang menyebabkan naiknya keasaman air. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian sumber utama yang menyebabkan fluktuasi nilai pH sehingga dapat didisain sistem penanganan air asam tambang dengan lebih tepat.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sumber utama yang berpotensi sebagai pencemar Sungai Lati yang terdapat di lokasi Kuasa Penambangan PT. Berau Coal, yang menyebabkan kadar ion H^+ berfluktuasi sepanjang sungai. Dengan mengetahui sumber potensi pencemar utama, sehingga dapat diterapkan teknologi pengendalian air asam tambang dengan lebih tepat dan efektif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat melokalisasi dan meminimalisasi produksi air asam tambang di lokasi penambangan batubara secara umum. Dengan demikian perlindungan terhadap sumberdaya air dan tanah di sekitar lokasi penambangan batubara tersebut dapat dicapai dan diterapkan di tempat lain.

LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. Berau Coal-Kalimantan Timur. Data primer berupa kualitas air dan tanah diambil dari sekitar lokasi studi sedangkan analisis sampel dilakukan di lapangan (insitu) maupun di laboratorium. Untuk analisis kualitas air dilakukan di Laboratorium Puslit Geoteknologi – LIPI sedangkan untuk analisis tanah di Puslitbang Tanah, Bogor.



Gambar 1. Lokasi Penelitian.

Gambaran Umum Lokasi Penambangan Lati

Formasi pembawa lapisan batubara pada daerah potensi batubara konsesi PT. Berau Coal adalah Formasi Berau dan Formasi Lati. Formasi ini terdiri dari satuan batupasir, *mudstone*, batulanau, batulempung, batubara dan batugamping. Ketebalan Formasi Berau atau Formasi Lati berkisar 600 meter hingga 1.600 meter, umur Miosen Tengah hingga Miosen Atas dan diendapkan dalam lingkungan delta dan laut dangkal. Formasi ini jari jemari dengan Formasi Sterile di bagian bawahnya dan tidak selaras dengan Formasi Labanan di bagian atasnya (Subardja, 2007).

Letak Geografis Kabupaten Berau yang dekat dengan garis katulistiwa menjadikan daerah ini memiliki iklim tropis dengan curah hujan tinggi dan hari hujan merata sepanjang tahun. Intensitas penyinaran matahari yang tinggi menjadikan suhu udara relatif tinggi sepanjang tahun dengan kelembaban udara yang tinggi pula. Sebagai daerah dengan iklim tropis

Kabupaten Berau memiliki dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Kedua musim tersebut diselingi dengan masa peralihan dengan curah hujan masih relatif banyak (Subardja, 2007).

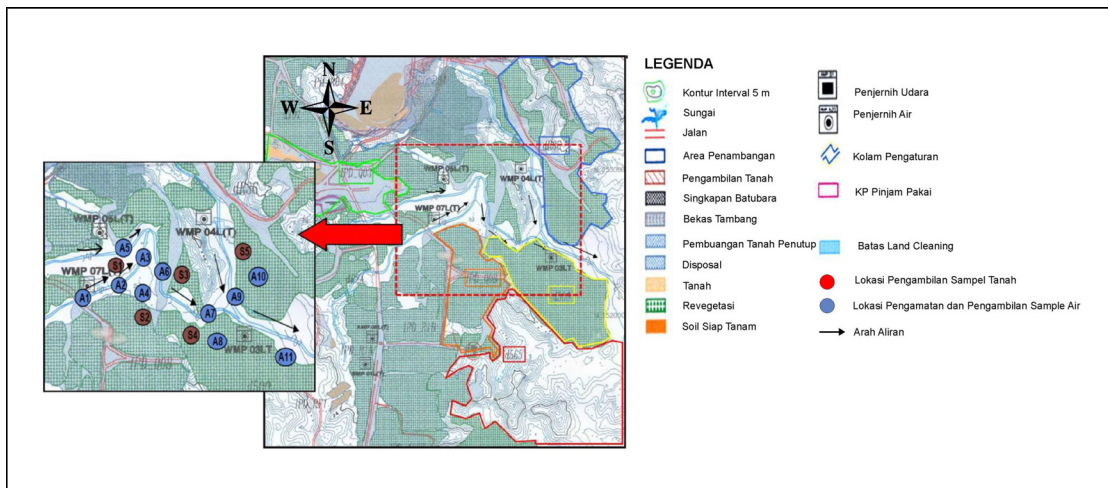
Namun demikian kondisi alam Kabupaten Berau yang masih dikelilingi oleh hutan tropis yang masih lebat menjadikan daerah ini berkarakter hutan hujan tropis dengan curah hujan yang relatif merata sepanjang tahun. Hal ini didorong oleh kelembaban udara yang tinggi dan daerah perairan yang masih luas. Curah hujan cenderung tinggi sepanjang tahun, berkisar antara 91 - 246 mm perbulan (Subardja, 2007).

Metoda penambangan yang dilakukan pada PT. Berau Coal di Lati menggunakan pola penambangan *box-cut contour mining*. Pola penambangan *box cut contour mining* dilakukan pada areal-areal yang memiliki kemiringan lapisan relatif landai dan dengan luas areal timbunan di luar areal tambang yang relatif sangat terbatas. Pemakaian pola penambangan ini salah satunya adalah bertujuan agar luas areal yang terganggu oleh kegiatan penambangan tidak terlalu luas. Areal untuk penimbunan tanah penutup diusahakan tidak terlalu jauh dari areal bukaan dan sedapat mungkin dengan memanfaatkan kembali bekas areal bukaan (Subardja, 2007).

Pengambilan Data Kualitas Air dan Tanah

Data yang diambil meliputi air dan tanah. Sampel air diambil dari air sungai Lati (hulu hingga hilir) dan air limbah. Sedangkan data tanah diambil dari sampel tanah pelapukan di kawasan hutan serta tanah dari disposal (lokasi pembuangan/ penimbunan limbah). Gambar 2 menunjukkan peta lokasi pengambilan sampel air dan tanah. Lima belas titik sampling air dan enam titik sampling tanah di lokasi yang dilalui aliran sungai digunakan untuk mendapatkan parameter tertentu yang dibutuhkan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi dan menyebabkan rendahnya pH air di Sungai Lati.

Tabel 1 menunjukkan lokasi pengambilan sampel air (yang diberi notasi A). Ada 13 titik lokasi, namun dua titik tidak diperlihatkan pada Gambar 2 yaitu titik 12 (A12) dan 13 (A13).



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel (PT. Berau Coal).

Tabel 1. Lokasi dan Kode Conto Pengambilan Sampel Air

Kode	Lokasi
A1	Hulu Sungai Lati
A2	Inlet Pengolahan Settling Pond WMP 7 (hujan)
A2a	Inlet pengolahan Settling Pond WMP 7 (tidak hujan)
A3	Outlet Pengolahan Settling Pond WMP 7 (hujan)
A3a	Outlet pengolahan Settling Pond WMP 7 (tidak hujan)
A4	200 m Outlet Settling Pond WMP 7
A5	Aliran air dari Disposal Q8
A6	Aliran dari WMP 5
A7	500 m outlet SP WMP 7
A8	1 km outlet SP WMP 7
A9	Saluran dlm Disposal 565
A10	Aliran dari WMP 4
A11	Run-off dari Hutan Dr36
A12	Aliran dari Disposal 500
A13	Hilir Sungai Lati

Catatan : Q = quarry (area penambangan); D/d = disposal (area timbunan tanah kupasan); dR = area disposal (d) yang direvegetasi (R); d565 = disposal 565 (565 menunjukkan kode lokasi dalam peta)

Titik lokasi pada kolam pengendapan (*settling pond*) diambil di dua musim, yaitu saat hujan (2A dan 3A) dan tidak hujan (2Aa dan 3Aa). Hal ini dilakukan untuk mengetahui adanya faktor pengenceran dan pengaruhnya terhadap nilai pH pada kondisi sebelum dan sesudah masuk kolam pengendapan. Dari 13 titik lokasi pengambilan sampel air, delapan diantaranya diambil di badan sungai, satu sampel air *run off* dari hutan dan sisanya adalah sampel air *run off* dari disposal.

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lokasi disposal dan hutan di sekitar lokasi. Jumlah sampel tanah (*soil*), diberi notasi S, diambil sebanyak enam sampel. Tabel 2 menunjukkan kode lokasi pengambilan sampel tanah.

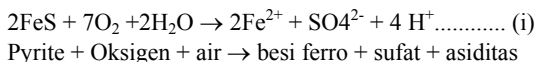
Tabel 2. Kode dan Lokasi Pengambilan Sampel Tanah (S)

Kode	Lokasi
S1	Disposal Q8
S2	Disposal Q3
S3	Hutan samping disposal Q3
S4	Disposal d565
S5	Hutan dR 36
S6	Disposal D500

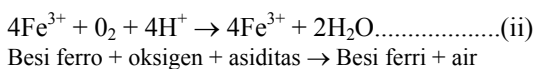
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis data kualitas air dan tanah yang diambil dari lokasi di sekitar pertambangan Lati, Berau. Analisis dilakukan dengan melakukan korelasi penurunannya pH dengan parameter lain yang dapat digunakan sebagai data proxy sumber pencemar di lokasi studi yang secara umum mengandung mineral sulfida.

Reaksi-reaksi yang terjadi sebagai akibat terjadinya kontak mineral sulfida (pirit) dengan udara dan air di lapangan digambarkan sebagai berikut (lihat reaksi i). Reaksi pertama adalah oksidasi pirit oleh oksigen. Sulfur dioksidasi menjadi sulfat dan melepaskan besi ferro. Reaksi ini menghasilkan 2 mol asiditas untuk setiap satu mol pirit yang dioksidasi.

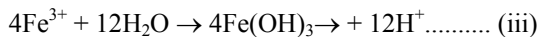


Reaksi kedua adalah reaksi konversi besi ferro menjadi besi ferri dengan mengkonsumsi satu mol asiditas. Laju reaksi ini bergantung pada pH dengan diawali oleh reaksi yang berjalan sangat lambat pada kondisi asam (pH 2 – 3). Reaksi ini dianggap sebagai tahap penetapan laju (*rate determining step*) dalam produksi asam secara keseluruhan.

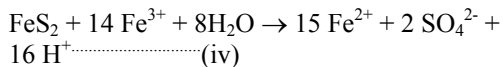


Reaksi ketiga merupakan reaksi terjadinya hidrolisa besi. Hidrolisa adalah reaksi pemisahan molekul air. Tiga mol asiditas yang dihasilkan sebagai produk samping (*by product*). Bentuk ferohidroksida tergantung pada pH. Ferri hidroksida dalam bentuk padatan akan banyak terbentuk pada pH diatas 3,5. Pada nilai pH dibawah itu maka ferri hidroksida solid sedikit

yang terbentuk bahkan mungkin tidak mengalami presipitasi.



Reaksi keempat adalah oksidasi penambahan pirit oleh besi ferri. Besi ferri dihasilkan pada reaksi satu dan dua. Ini merupakan siklus pembelahan sendiri dari reaksi secara keseluruhan. Reaksi ini terjadi sangat cepat dan terus menerus sampai besi ferri atau pirit habis. Dalam reaksi ini besi bertindak sebagai agen pengoksidasi.



HASIL PENELITIAN/DISKUSI

Hasil analisa kualitas air selengkapnya, baik yang dilakukan di lapangan (*in situ*) maupun yang dilakukan di laboratorium ditampilkan pada Tabel 3 meliputi: suhu, pH, dan daya hantar listrik (DHL) dan seterusnya. Sedangkan hasil analisis sampel tanah selengkapnya ditampilkan pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil analisa, air hulu Sungai Lati memiliki nilai pH mendekati netral yaitu 6,5. Besarnya oksigen terlarut (DO) pada lokasi ini adalah 3,26 mg/l, sedangkan konsentrasi Fe dan Mn yaitu masing-masing 0,47 mg/l dan 0,04 mg/l. Standar KepMenkes menyebutkan konsentrasi Fe dan Mn masing-masing tidak boleh lebih dari 0,3 mg/l dan 0,1 mg/l (Keputusan Menteri Kesehatan, 2002). Standar PerMenkes juga menyebutkan kandungan Fe dan Mn masing-masing tidak boleh lebih dari 1 mg/l dan 0,5 mg/l (Peraturan Menteri Kesehatan, 1990). Dengan demikian air Sungai Lati pada segmen hulu secara umum masih memenuhi kualitas sebagai air baku air minum dari segi keamanan kandungan Fe dan Mn.



Gambar 3a. Settling Pond WMP 7, Lati. Gambar 3b. Outlet Pengolahan Aktif (CaOH).

Kandungan DO, Fe, dan Mn pada titik lokasi ini juga memperlihatkan indikasi adanya *recovery* (pemulihan) sungai. Kehadiran oksigen terlarut diperlukan untuk proses oksidasi Fe dan Mn dan atau dekomposisi bakteri. Oksidasi ferro (Fe^{2+}) menjadi ferri (Fe^{3+}) menyebabkan presipitasi besi di bagian hilir sungai dan berkurangnya kandungan besi. Demikian halnya dengan Mn. Data dan informasi ini dapat dijadikan sebagai data awal (*initial data*) yang menyatakan bahwa kondisi Sungai Lati secara alami tidak tercemar oleh unsur atau zat atau materi yang bersifat asam.

Gambar 3a adalah kolam pengendapan WMP 7, Lati. Titik 2 adalah salah satu titik yang mewakili saluran masuk (*inlet*) kolam pengendapan. Namun sebenarnya ada lebih dari satu inlet yang masuk ke *settling pond*. Sedangkan Gambar 3b adalah lokasi pengambilan titik sampel air nomor 3 yaitu *outlet* dari pengolahan aktif. Adanya faktor pengenceran diperlihatkan dengan pengambilan sampel pada saat kondisi hujan dan tidak hujan, masing-masing A2 dan A2a pada inlet serta A3 dan A3a pada outlet. Nilai pH di titik inlet *settling pond* pada dua kondisi (hujan dan tidak hujan) memiliki nilai yang hampir sama. Namun pada titik outlet, artinya setelah mengalami pengolahan secara aktif menggunakan CaOH, nilai pH pada musim hujan dibawah normal ($\text{pH} < 6,3$) sementara pada saat kondisi cerah nilai pH

di atas normal bahkan cenderung basa ($\text{pH} > 9,7$). Dengan asumsi bahwa Jumlah CaOH yang diberikan tepat disesuaikan dengan aliran (debit) air asam, maka dengan volume yang lebih besar akan membutuhkan CaOH yang lebih banyak. Dengan demikian pH yang keluar dari outlet tidak akan dipengaruhi oleh perubahan volume aliran. Namun pH hasil pengolahan pada kondisi hujan ternyata lebih rendah daripada kondisi cerah. Ini memberikan indikasi adanya material terlarut yang mengandung mineral sulfida (pirit) terbawa masuk ke *settling pond* melalui proses *run off*. Hal ini menyebabkan kandungan asam meningkat. Berdasarkan pengamatan, pada saat hujan memang terdapat aliran air masuk dari daerah sekitarnya, baik dari disposal maupun tanah asli.

Pengenceran secara teoritis akan menurunkan kadar besi sulfat atau asam sulfat yang terbentuk. Namun karena masukan dari beberapa disposal tersebut juga memiliki pH rendah, maka pH di *settling pond* juga tetap rendah. Lingkungan tanah di sekitar *settling pond* diwakili oleh hasil analisis tanah dengan kode S1 yaitu dari Disposal Q8. Hasil analisis pH H_2O untuk S1 memberikan nilai pH = 3,6 sampai kedalaman lebih dari 20 cm dan pH = 3,75 pada kedalaman kurang dari 20 cm. Dengan demikian kontribusi lahan di sekitar kolam pengendapan (aliran *run off*) memberikan potensi peningkatan keasaman.

Tabel 3. Hasil Analisa Laboratorium Sifat Fisika dan Kimia Air

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisis														
			A1	A2	A2a	A3	A3a	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
Sifat Fisika																	
1	Keasaman (pH)		6,5	3,12	3,5	6,32	9,7	6,76	3,87	4	3,86	6,8	7,8	4,35	6,0	2,8	4,6
2	Daya Hantar Listrik (DHL)	S/cm	330	1520	830	1230	750	126	786	483	456	520	3100	392	250	2900	1020
3	Kekeruhan	NTU	-	7,4	-	39,9	-	-	116	25,9	94,3	13,2	538	24,8	22,5	24	
4	Temperatur (°C)	°C	30,2	26	29,7	28,4	30,3	29	29,6	358	26	26	26	50	52,5	294	28
Sifat Kimia																	
5	Kalsium (Ca)	mg/l	7,27	43,12	10,18	101,02	46,54	-	18,48	24,64	24,64	22,18	171,25	16,02	8,62	80,08	21,82
6	Magnesium (Mg)	mg/l	9,73	46,82	18,96	40,13	6,29	-	22,15	26,75	21,19	27,55	153,93	24,34	9,36	105,03	23,68
7	Natrium (Na)	mg/l	3,95	10,05	3,2	10,05	4,7	-	5,72	5,97	6,42	6,21	18,9	5,14	2,84	8,77	5,45
8	Kalium (K)	mg/l	4,49	7,38	3,48	7,48	4,49	-	3,57	3,9	4,26	4,05	15,12	3,33	1,35	6,29	5,17
9	Hidrogen (H ⁺)	mg/l	-	5,48	-	0,2	-	-	3,37	0,63	1,26	-	0,63	0,63	46,33	32,4	-
10	Karbon dioksida (CO ₂)	mg/l	-	176	-	8,8	-	-	9,27	27,8	18,53	27,8	152,89	12,64	12,85	180,69	-
11	Sulfat (SO ₄)	mg/l	64	220	172	220	208	-	270	150	125	125	920	340	28,5	1720	425
12	Ammonium (NH ₄ -N)	mg/l	-	2,78	-	3,14	-	-	1,35	1,16	1,28	0,86	3,84	0,51	0,81	2,21	-
13	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	-	4,58	-	3,1	-	-	8,05	3,69	1,75	1,45	13,86	0,12	0,92	21,02	-
14	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	0,34	ttd	0,08	Ttd	0,19	-	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
15	Zat Organik	mg/l	-	1,97	-	1,83	-	-	11,04	5,52	18,15	7,09	11,04	18,68	18,68	11,83	-
16	Disolve Oxygen (DO)	mg/l	3,26	5,69	2,93	6,9	3,36	-	5,69	4,06	7,11	-	0,81	5,69	-	7,92	3,84
17	Besi (Fe)	mg/l	0,47	13,19	0,18	7,59	0,06	-	12,29	11,15	11,06	6,13	19,24	4,18	0,9	16,95	0,04
18	Mangan (Mn)	mg/l	0,04	4,05	0,07	2,6	0,03	-	0,88	1,7	1,57	3	2,71	1,7	0,29	6,2	0,09
19	Pospat (PO ₄)	mg/l	ttd	0,043	0,01	0,012	ttd	-	0,016	0,047	0,012	0,07	0,034	0,014	0,13	0,051	ttd

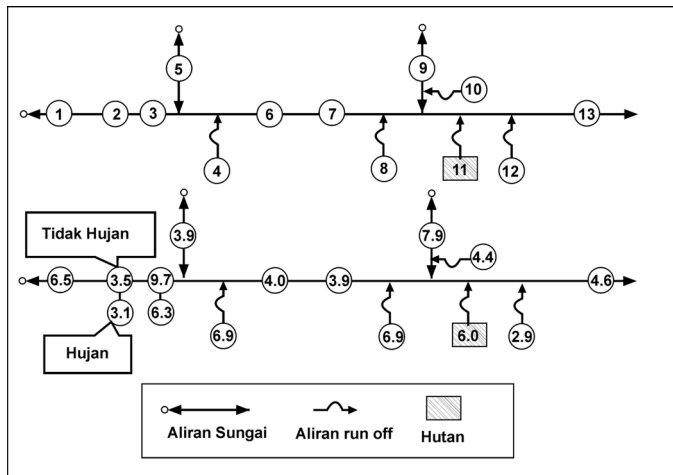
Keterangan : (-) tidak dianalisa
Sumber : Hasil analisis

Tabel 4. Hasil Analisa Tanah (Insitu dan Laboratorium)

No	Kode Conto	pH lapangan	pH H ₂ O	pH KCl	C-Org (%)	N (%)	KTK Cmol/kg	Kedalaman	KDT cmol(+)/kg		Total (%)		Tekstur (%)			Tekstur Tanah
									Al ³⁺	H ⁺	Fe	S	Pasir	Debu	Liat	
1	S1	5,0	3,75	3,70	1,55	0,13	14,26	0 – 20 cm	8,27	0,96	0,16	2,18	14	48	38	Lempung liat berdebu
2	S1	4,5	3,66	3,42	0,69	0,05	11,85	> 20 cm	3,59	0,43	0,10	4,98	15	47	38	Lempung liat berdebu
3	S2	5,0	3,99	3,37	2,77	0,23	14,24	0 – 2 cm	4,38	0,97	0,25	5,48	5	53	42	Liat berdebu
4	S2	4,5	3,49	3,17	3,15	0,24	16,59	2 – 40 cm	5,28	1,60	0,28	4,94	6	50	44	Liat berdebu
5	S2	4,0	3,28	3,06	1,59	0,15	19,42	> 40 cm	0,00	0,09	0,16	3,51	5	38	57	Liat
6	S3	5,4	4,08	3,69	0,83	0,07	10,10	0 – 20 cm	5,53	0,44	0,04	4,65	21	41	38	Lempung berliat
7	S3	5,2	4,07	3,73	0,65	0,05	10,66	20 – 60 cm	4,83	0,44	0,03	3,86	22	41	37	Lempung berliat
8	S3	5,0	4,05	3,57	3,86	0,31	16,38	> 60 cm	7,50	1,03	0,12	4,79	13	42	45	Liat berdebu
9	S4	5,2	3,70	3,25	3,89	0,33	19,10	0 – 40 cm	4,40	0,93	0,24	5,50	16	48	36	Lempung liat berdebu
10	S4	5,8	4,80	4,45	1,23	0,11	14,10	> 40 cm	0,17	0,12	0,14	8,28	11	41	48	Liat berdebu
11	S5	5,5	5,49	4,68	1,85	0,15	8,85	0 – 20 cm	0,02	0,08	0,01	3,30	34	39	27	Lempung berliat
12	S5	4,8	5,45	4,65	0,96	0,08	9,61	20 – 40 cm	0,00	0,06	0,01	3,75	25	40	35	Lempung berliat
13	S5	5,0	5,82	5,12	0,72	0,06	11,06	> 40 cm	0,00	0,02	0,01	5,08	33	32	35	Lempung berliat
14	S6	-	4,87	3,6	0,62	Ttd	-	0 – 20 cm	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan : KTK = Kapasitas Tukar Kation

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4. Skematisasi lokasi pengambilan sampel air dan perubahan pH sepanjang sungai lati

Pemahaman di atas dapat diterapkan berdasarkan teori perhitungan beban polutan dari berbagai sumber titik sebagai berikut :

$$\frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2}{Q_1 + Q_2} = Q_3 C_3$$

dimana Q_1 = debit inlet, C_1 = pH inlet, Q_2 = debit aliran dari *run off*, C_2 = pH *run off*, Q_3 = debit gabungan C_3 = pH campuran.

Dengan demikian, seharusnya pemberian CaOH pada sistem pengolahan aktif tidak hanya didasarkan pada debit (aliran) air asam melainkan beban polutan hasil pencampuran dalam *settling pond*. Secara teknis hal ini akan sulit dilakukan manual pada kondisi hujan. Nilai pH dari *run off* akan sangat bervariasi sehingga diperlukan penyesuaian CaOH yang bervariasi juga agar pengolahan berjalan secara efektif dan ekonomis. Untuk itu, sistem pengolahan berbasis elektrik dan otomatis sangat diperlukan.

Hasil analisis sampel tanah menunjukkan bahwa tanah di sekitar lokasi studi memang bersifat asam seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Oleh karena itu diduga bahwa selain disebabkan oleh pembuangan limbah pengolahan batu-bara, penurunan pH Sungai Lati juga disebabkan

karena terjadinya erosi dan material hasil erosi terbawa oleh proses *run off* dari daerah sekitar.

Kepekaan tanah terhadap erosi disebut erodibilitas tanah (Suripin, 2004). Nilai erodibilitas tanah (E) diformulasikan sebagai berikut :

$$E = \frac{\% \text{ pasir} + \% \text{ debu}}{\% \text{ liat}}$$

Debu dengan ukuran 0,002 – 0,05 mm sangat mudah dihanyutkan oleh air, penurunan kapasitas infiltrasinya sangat cepat, dan kemandapan strukturnya rendah. Tanah pasir lebih tahan erosi karena kaya akan pori-pori yang besar, tetapi kemandapan strukturnya rendah. Sedangkan tanah liat paling tahan terhadap erosi karena kemandapan strukturnya tinggi dan kapasitas penampungan airnya tinggi pula. Oleh karena itu tanah yang banyak mengandung debu paling mudah tererosi (Suripin, 2004). Data Tabel 4 menunjukkan bahwa tekstur tanah di lokasi studi memang didominasi oleh debu. Dengan kata lain, tanah di sekitar lokasi studi sangat peka terhadap erosi. Nilai erodibilitas tanah di lokasi studi ditampilkan pada Tabel 4. Gambar 4 menunjukkan skema pola aliran dari pengambilan sampel air dan perubahan pH sepanjang Sungai Lati.

Aliran *run off* dari lokasi hutan (titik sampel S11) menunjukkan nilai pH yang hampir normal (pH=6). Kondisi ini menggambarkan bahwa serasah-serasah yang terdapat di hutan masih mampu melindungi tereksposnya kandungan mineral sulfida oleh udara dan hujan (air). Namun karena ada masukan debit *runoff* dari lokasi S12 dengan pH sebesar 2.9, maka pH yang terukur di hilir juga menunjukkan keasaman air (pH = 4.6).

KESIMPULAN

Fluktuasi pH sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4 memberikan gambaran adanya dampak lingkungan baik secara alami maupun pengaruh dari limbah penambangan. Hasil analisis data yang diperoleh baik di lapangan maupun analisis laboratorium, baik dari sampel air maupun sampel tanah, menunjukkan bahwa keasaman air di sepanjang Sungai Lati lebih disebabkan oleh faktor lingkungan di sekitar penambangan batubara, daripada pencemaran dari limbah hasil pengolahan batubara. Hal ini ditunjukkan dengan pH sampel air dari *outlet* pengolahan sebesar 6,3 pada saat hujan dan 9,7 pada saat tidak hujan. Setelah mendapatkan masukan dari aliran sungai yang berasal dari disposal (A5), pH Sungai Lati kembali turun pada nilai 4. Oleh karena itu pengelolaan lahan bekas tambang perlu dilakukan secermat mungkin untuk menghindari kontak dengan udara dan air dari luar. Untuk meminimalisir polutan dari lokasi bekas tambang ataupun tanah disekitar penambangan batubara yang kaya akan mineral sulfida, bisa dilakukan dengan tiga cara. Sistem penanganan yang dimaksud adalah sistem mekanis/teknis, agronomis, dan kimia. Ketiga sistem tersebut bertujuan sama yaitu menghindari kontak langsung antara mineral sulfida dengan udara dan air serta pengikatan besi dan asam sulfat yang terbentuk sebagai hasil dari proses oksidasi. Polutan dari proses pengolahan

batubara dapat diantisipasi dengan sistem pengolahan aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Provinsi Jawa Barat. 2005. *Status Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Barat*.
- Juari, S. S. 2006. *Potensi Penggunaan Hidrotalsit dalam Remediasi Air Asam Tambang di Lahan Gambut*. Seminar Nasional RPKLT Pertanian UGM, 1 Februari 2006.
- Keputusan Menteri Kesehatan. 2002. *Syarat-syarat dan Pengawasan Kuantitas Air Minum*. KepMenKes RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002.
- Mason, C.F. 1993. *Biology of Freshwater Pollution*. Second Edition. Longman Scientific and Technical, New York. 351 p.
- Peraturan Menteri Kesehatan. 1990. *Air Minum*. Permenkes No. 41/MenKes/Per/IX/1990.
- Sayoga, R. G. 2007. *Pengelolaan Air Tambang: Aspek Penting dalam Pertambangan yang Berwawasan Lingkungan*. Pidato Ilmiah, majelis Guru Besar ITB. Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
- Subardja, A et al. 2007. *Pemulihan Kualitas Lingkungan Penambangan Batubara: Karakterisasi dan Pengendalian air asam Tambang di Berau*. Laporan Teknis, Proyek DIPA Puslit Geoteknologi – LIPI TA 2007.
- Suripin. 2004. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. ANDI – Yogyakarta.
- Witoto, S. S. 1997. *Pengelolaan Lingkungan Pertambangan*. Disampaikan pada seminar LINGKUNGAN: Peran Pendidikan Teknik Lingkungan dalam Pembangunan Bangsa, Lustrum IX Pendidikan Teknik Lingkungan ITB, 15 Desember 2007, Dirjen Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Departemen ESDM.