

Pemanfaatan Lahan Pasca Penambangan Batubara Di Kabupaten Berau, Propinsi Kalimantan Timur

A. Subardja Dj
Puslit Geoteknologi – LIPI, Bandung

R. Noviardi
UPT. Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI, Sukabumi

ABSTRAK: Dengan melakukan kajian terhadap kondisi geologi, metode penambangan, kondisi tanah, hidrologi dan iklim serta kondisi lingkungan sekitar tambang maka akan dapat ditentukan posisi strategis kawasan bekas tambang dalam upaya melakukan reklamasi. Penyiapan lahan, khususnya untuk revegetasi, diupayakan berasal dari material yang tersedia di lokasi penambangan (tanah asli, disposal ataupun fly/bottom ash) dengan cara melakukan pencampuran untuk mendapatkan artificial substrat. Kondisi tanah yang merupakan perpaduan sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah, merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan revegetasi lahan pasca penambangan. Index properties tanah seperti: densitas, porositas, permeabilitas, kadar air, kesuburan, dan ukuran butir merupakan parameter yang mempengaruhi perbandingan setiap kandidat material, sehingga diperoleh material baru (artificial substrat) yang mempunyai karakteristik optimal untuk media tumbuh tanaman. Demikian juga dengan kondisi air tambang yang umumnya mempunyai derajat keasaman tinggi, selalu jadi masalah apabila sudah masuk ke perairan umum. Kualitas air tambang yang ada di pit Lati, pit Binungan, dan pit Samarata, apabila merujuk kepada PP.No.82 tahun 2001, umumnya masih memenuhi persyaratan untuk pertanian, perikanan, peternakan. Sedangkan di lokasi H4 Binungan bisa digunakan airbaku untuk air minum. Yang mempunyai masalah dengan “air asam tambang” adalah di pit Lati, dimana sungai Ukut yang mengalir melalui daerah penambangan, walaupun sudah dilakukan upaya pengapuran pada settling pond ternyata dibagian hilir berubah menjadi asam kembali.

PENDAHULUAN

Latar belakang

Pembangunan yang berkelanjutan yang tentunya diimbangi dengan makna yang sesuai dari bentuk dan kenyataannya pada berbagai aspek, ternyata saling tumpang tindih salah satu contoh dibidang pertambangan yang sangat kompleks dengan permasalahan lingkungan. Pertambangan merupakan suatu kegiatan yang banyak mengakibatkan perubahan bentang alam dan perubahan fisik dan kimia terhadap lahan dan perairan. Selain itu kegiatan pertambangan mempunyai jangka waktu tertentu dalam kegiatan operasinya, suatu saat kegiatan pertambangan akan berakhir sehingga harus dilakukan upaya reklamasi lahan bekas tambang dan

upaya pemanfaatan lahan pasca tambang yang berkelanjutan.

Reklamasi tambang di kawasan hutan diatur dengan keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan No. 146/Kpts-II/1999 yang menggariskan bahwa reklamasi tambang di kawasan ditujukan untuk mengembalikan lahan ke fungsi semula yaitu hutan. Terlihat disini bahwa bentuk penggunaan lahan pasca tambang adalah untuk kehutanan. Tidak ada opsi lain. Padahal mungkin tidak semua areal bekas tambang cocok untuk dijadikan hutan.

Metode dan cara reklamasi tambang juga ditentukan oleh kondisi geologi, jenis bahan galian yang ditambang, metode penambangan serta rencana tata ruang wilayah. Pengelolaan lahan pasca tambang

harus ditujukan pada peningkatan kesejahteraan masyarakat, pelestarian lingkungan dan dalam kerangka pembangunan berkelanjutan.

Adanya kegiatan penelitian pada tahun-tahun sebelumnya mengenai penelitian sejenis di Pulau Bangka khususnya di beberapa lokasi tambang timah, maka dengan berbekal hal itu penelitian tahun pertama ini akan dialihkan khususnya di lokasi tambang batubara di Kalimantan Timur sebagai perbandingan. Sehingga dengan adanya perbandingan metode reklamasi yang ada sebelumnya diharapkan nantinya bisa menjadi acuan bagi tambang-tambang lain untuk menerapkan metode reklamasi yang sesuai dengan tujuannya.

1.2 Rumusan Permasalahan

Reklamasi lahan pasca penambangan batubara merupakan kegiatan yang tidak terpisahkan dari manajemen penambangan secara keseluruhan. Seperti telah dikemukakan, sebagian besar areal penambangan batubara terdapat di dalam kawasan hutan. Adanya tumpang tindih kepentingan dalam pengusahaan tambang batubara yang berada di kawasan hutan lindung juga melengkapi betapa kompleksnya kegiatan pertambangan itu sendiri. Keadaan ini mengandung resiko untuk mengarahkan tujuan reklamasi lahan untuk menciptakan ekosistem sesuai dengan peruntukan kawasan seperti semula atau mendekati kondisi ekosistem, misalnya hutan sebelum dilakukan penambangan batubara tersebut.

Program reklamasi tambang dan penanganan lahan pasca tambang yang dilakukan selama ini lebih menitik beratkan pada penanganan lahan secara fisik (utamanya penghijauan), aspek sosial ekonomi kurang mendapat perhatian. Padahal persoalan terpenting dalam pengelolaan sumberdaya alam adalah aspek sosial dan ekonomi. Tujuan pembangunan adalah mensejahterakan masyarakat, jadi masyarakat (aspek sosial) harus mendapat porsi yang sama dengan aspek teknis. Hal lain yang juga harus diperhatikan dan diatur dalam program reklamasi tambang adalah mengenai keterlibatan masyarakat sekitar tambang.

Selain adanya ketidaktepatan metode reklamasi, yang dikaitkan dengan pembangunan jangka panjang, juga masih banyak kegiatan pertambangan yang tidak melakukan reklamasi pada bekas kegiatannya. Ini biasanya pertambangan yang berskala kecil. Keberhasilan program reklamasi lahan pasca tambangpun masih dipertanyakan, banyak masyarakat, LSM dan bahkan LH yang menyebutkan bahwa kegiatan pertambangan dianggap kegiatan yang sangat merusak lingkungan karena kegiatan reklamasi yang ada saat ini lebih menitik beratkan hanya pada upaya fisik, sehingga aspek sosial ekonomi masih sangat kurang. Kegiatan pertambangan yang berkelanjutan dengan maksud

bahwa setelah kegiatan penambangan selesai, maka harus ada bentuk penggunaan lain yang sesuai dan ramah dengan lingkungan yang produktif.

Reklamasi tambang harus didasarkan pada dan disesuaikan dengan potensi wilayah dan dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. Dengan melakukan kajian terhadap kondisi geologi, metode penambangan, kondisi tanah, hidrologi dan iklim serta kondisi lingkungan sekitar tambang maka akan dapat ditentukan posisi strategis kawasan bekas tambang dalam kerangka pengembangan wilayah. Dengan mengetahui posisi strategis dan aspek teknis-sosial-ekonominya maka dapat ditentukan bentuk penggunaan lahan yang terbaik bagi lahan bekas tambang dan selanjutnya metode reklamasi disesuaikan dengan rencana penggunaan lahan paska tambang.

Strategi reklamasi pada lahan pasca penambangan, sebaiknya dilaksanakan berdasarkan pengalaman lapangan dan studi ilmiah serta disesuaikan dengan RUTR dan dengan peruntukan di masa depan, setelah lokasi tersebut diserahkan kembali kepada pemerintah. Pada umumnya, sebagai contoh reklamasi lahan bekas penggalian batubara khususnya revegetasi meliputi tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. perencanaan lokasi, penataan lahan, jenis vegetasi;
2. pemindahan tanah, (top soil dan sub soil);
3. penempatan batuan penutup yang berasal dari lubang tambang (pit);
4. pembentukan timbunan batuan penutup agar lerengnya tidak terlalu curam;
5. penutupan timbunan dengan lapisan tanah lempung yang dipadatkan atau lapisan batuan yang tidak reaktif untuk mencegah terjadinya air asam tambang;
6. pembuatan sarana drainase, untuk mengendalikan aliran air permukaan;
7. penempatan tanah di atas permukaan timbunan batuan penutup;
8. penanaman vegetasi;
9. pemeliharaan tanaman dan
10. pemantauan periodik dan lain sebagainya.

Kondisi tanah yang merupakan perpaduan sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah, merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan revegetasi lahan pasca penambangan batubara. Kustiawan (2001) melaporkan bahwa revegetasi lahan pasca penambangan tidak semudah yang diperkirakan karena pada lahan bekas penambangan biasanya tidak mudah memperoleh tanah atasan. Kalaupun ada, tanah tersebut seringkali tererosi, telah menjadi padat, dan kadang-kadang masih tercampur dengan bahan tambang kemudian permukaan tanah masih belum stabil atau sukar distabilkan. Disamping itu keadaan lahan tersebut sangat tidak subur atau

terlalu asam/basa atau kadang-kadang mengandung senyawa toksik.

1.3 Tujuan dan Sasaran

Tujuan dari penelitian ini adalah mencari metode reklamasi tambang dan penanganan lahan paska tambang dalam rangka optimalisasi pemanfaatan lahan, soial dan ekonomi berkelanjutan.

Sasarannya adalah evaluasi model reklamasi lahan paska penambangan yang sudah dilakukan di tambang batubara PT Berau Coal, dilihat dari keberhasilan dan kegagalannya.

1.4 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pelingkupan daerah reklamasi terbaru dan sampling tanah yang juga mencakup area atau garis dasar wilayah air akan dilakukan untuk menilai keadaan yang nyata sekarang, tingkatan dan volume tingkat penurunan kualitas lingkungan terhadap pekerjaan tambang dan aktivitasnya. Dalam rangka mengumpulkan informasi yang cukup sehingga memungkinkan penilaian arah yang dominan dan sebagai contoh adanya enviro-endangerment sebagai hasil yang mungkin terjadi dari peningkatan kadar keasaman dari tanah, sampling akan dilakukan di lapangan dan analisis laboratorium serta pengukuran lahan yang ada. Hasil yang akan diperoleh meliputi parameter fisik, parameter mekanik dan analisa conto kimia, penyelidikan hidrodinamik material yang ada.

Secara keseluruhan kegiatan penelitian ini meliputi :

- Studi literatur (mengumpulkan dokumen yang berhubungan, browsing internet dan mengumpulkan hasil penelitian sebelumnya)
- Mengkaji karakteristik geologi, tanah, hidrologi dan iklim daerah tambang serta biodiversitas
- Sampling dan karakteristik (fisik, kimia, biologi dan serta indeks properties) tanah dan air pada daerah sekitar dan aktivitas kegiatan reklamasi yang ada
- Mempelajari model reklamasi tambang yang ada dan dilakukan saat ini
- Pemilihan metodologi yang ada mengenai teknologi lingkungan dan reklamasi lahan pasca penambangan batubara di Berau
- Melakukan ujicoba reklamasi tambang berdasarkan karakteristk wilayah pertambangan: penataan tanah timbunan, revegetasi, penanganan air asam tambang,

Metodologi ini akan sangat bermanfaat bagi sistem yang akan menyediakan suatu konsep teknologi lingkungan dan reklamasi lahan pasca penambangan, yang akan menetapkan sasaran ataupun hasil di atas pada suatu lokasi dari satu rangkaian metode yang terpilih untuk dijadikan

contoh. Sesuai dengan tingkat kebutuhan dari sasaran yang akan dijadikan suatu kesimpulan maupun hasil yang secara umum mungkin akan digunakan di paling banyak lokasi tanpa keharusan untuk mengumpulkan data dari lokasi yang terpilih untuk melakukan evaluasi resiko secara menyeluruh.

1.5 Lokasi Penelitian

Kabupaten Berau merupakan salah satu kabupaten yang berada pada bagian utara Propinsi Kalimantan Timur. Pada tahun 2004 terdiri atas 11 kecamatan dengan jumlah desa sebanyak 91 desa dan 7 kelurahan. Kabupaten Berau memiliki luas wilayah 34.127 Km². Letak daerah ini berada tidak jauh dari Garis Khatulistiwa dengan posisi berada antara 116° sampai dengan 119° Bujur Timur dan 1° sampai dengan 2°33' Lintang Utara.

2 HASIL PENELITIAN

2.1. Kondisi Geologi dan Fisiografi Daerah Berau

Secara geologi, kabupaten Berau merupakan bagian Cekungan Berau (Sub-Basin Berau) yang merupakan bagian dari Cekungan Tarakan. Menurut peta geologi Lembar Tanjung Selor skala 1: 250.000 (1994) tatanan stratigrafi di daerah Berau diawali dengan Formasi Birang sebagai formasi tertua yang disusun oleh lapisan napal, konglomerat, batupasir, batulempung dan batubara yang bagian bawah dan di bagian atas formasi ini tersusun oleh batugamping, tufa dan napal. Di atasnya diendapkan Formasi Langkap/Latih (Miosen Awal-Miosen Tengah), terdiri dari batupasir kuarsa, batulempung, batulanau dan lapisan batubara di bagian atasnya, sisipan serpih pasir dan batugamping dibagian bawah, Latih dengan 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).



Gambar 1. Peta administratif Provinsi Kaltim dan

lokasi Kabupaten Berau

Di atas Formasi Labanan diendapkan Formasi Sinjin (Plio-Pleistosen) yang tersusun dari perselingan tufa, aglomerat, lapili, lava piroksen, tufa terkersikkan, batulempung tufaan dan kaolin, lignit, kuarsa, fellspar dan mineral gelap.

Keadaan Topografi Kabupaten Berau bervariasi berdasarkan bentuk relief, kemiringan lereng dan ketinggian dari permukaan laut. Wilayah daratan terdiri dari gugusan bukit dan perbukitan yang terdapat hampir di seluruh wilayah kecamatan, terutama Kecamatan Kelay yang membentang perbukitan batu kapur memanjang dari hampir mencapai 100 Km. Selanjutnya di Kecamatan Talisayan terdapat perbukitan dan yang tertinggi dikenal dengan nama Bukit Padai.

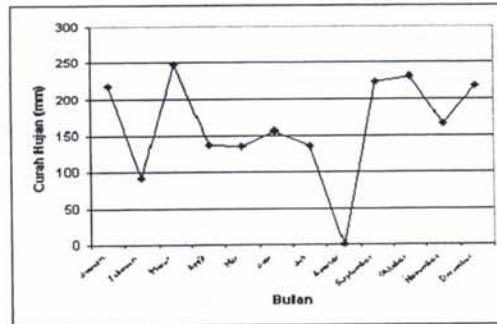
2.2. Kondisi Iklim

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

Kabupaten Berau memiliki dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Kedua musim tersebut diselingi dengan masa peralihan yang umumnya disebut masa pancaroba. Pada musim peralihan tersebut curah hujan masih relatif banyak. Dengan hari hujan yang hampir sama setiap bulannya. Hal ini didorong oleh kelembaban udara yang tinggi dan daerah perairan yang masih luas.

Seperti yang ditunjukkan pada grafik di atas curah hujan cenderung tinggi sepanjang tahun, berkisar antara 91-246 mm³ perbulan. Curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus pada bulan ini tidak terjadi hujan. Pada bulan ini merupakan pertengahan musim kemarau yang sangat terik. Curah hujan terus meningkat pada bulan-bulan berikutnya. Curah hujan terbesar terjadi pada bulan Maret sebesar 246,9 mm³. Bulan tersebut merupakan akhir dari musim penghujan dan awal masa pancaroba. Sedangkan hari hujan cenderung merata sepanjang tahun berkisar antara 13 sampai 27 hari tiap bulannya.

Bulan Agustus menunjukkan bulan tanpa hari hujan sedangkan bulan-bulan berikutnya aktifitas hujan relatif merata. Bulan dengan hari hujan terbanyak adalah bulan Desember, yang hampir terjadi setiap hari pada bulan ini.



Gambar 1. Curah hujan dirinci perbulan

2.3. Kondisi Sifat Fisika, Kimia Air/Tanah dan Kesuburan Tanah

Beberapa lahan bekas penambangan batubara di PT. Berau Coal perlu dikaji ulang terutama mengenai kualitas teknologi lingkungannya sehingga dengan adanya kegiatan penelitian ini diharapkan dapat diketahui permasalahan yang ada dan dapat ditentukan metode reklamasi pasca penambangan yang tepat. Pemilihan lokasi pengambilan contoh sudah direncanakan dan lokasi reklamasi juga sebagai bahan perbandingan. Pengambilan contoh tanah asli, lantai tambang (floor), disposal dan air dilakukan pada kegiatan penelitian kali ini. Target beberapa uji fisik dan kimia dari beberapa sampel tanah dan air di lokasi lahan bekas penambangan baru dan lama digunakan untuk mendapatkan parameter-parameter tertentu untuk digunakan sebagai acuan metode dan model awal remediasi dan reklamasi tambang.

2.3.1. Parameter Sifat Fisika, Kimia, dan Kesuburan Tanah

Pengambilan Sample Tanah

Pengamatan dan pengambilan sample baik tanah asli, lantai tambang dan tanah disposal dilakukan pada beberapa lahan bekas penambangan batubara maupun pit aktif dan lahan yang telah tereklamasi. Adapun lokasi pengambilan sampel fisik, kimia dan kesuburan tanah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kode lokasi pengambilan sampel sifat fisik, kimia dan kesuburan tanah

Wilayah Tambang	Kode Lokasi	Lokasi
Lati	S1	Disposal D-500
	S2	Disposal Pit West
	S3	Area revegetasi P-1
	S4	Tanah asli P-2
Binungan	S5	Disposal H1

	S6	Disposal A2 (0-25)cm
	S7	Disposal A2 (25-35)cm
	S8	Tanah Asli Pit K
Sambarata	S9	Disposal C-3
	S10	Disposal B1 (0-25)cm
	S11	Disposal B1 (25-35)cm
	S12	Tanah Asli Pit Agatis

Analisa Laboratorium Sampel Tanah

Analisa, pengamatan dan pengukuran sifat fisik tanah asli, lantai tambang dan tanah tereklamasi dilakukan langsung di lokasi dan di laboratorium. Sedangkan pengukuran sifat fisiknya khususnya di laboratorium porosity. Demikian juga analisa kimia kesuburan tanah (kadar air, tekstur, pH, C-organik, kandungan N, P, K, Na, Mg, Ca) semuanya dilakukan di laboratorium Air dan Tanah Pusat Penelitian Geoteknologi. Hasil data analisis laboratorium sifat Kimia dan Fisika Tanah dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

2.3.2. Parameter Sifat Fisika dan Kimia Air Pengambilan Sampel Air

Pengamatan dan pengambilan sampel air dilakukan terhadap air sungai dan air settling pond yang berada di areal lokasi penambangan. Pengukuran dilakukan terhadap besaran fisik dan kimia dari air. Analisa dilakukan di lapangan (in situ) dan di laboratorium Geoteknologi LIPI. Pengukuran yang dilakukan di lapangan (in situ) meliputi: suhu, pH, oksigen terlarut (DO) dan daya hantar listrik (DHL). Lokasi pengamatan dan pengambilan sampel disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Lokasi dan Kode Conto Pengambilan Sampel Air

No.	Lokasi	Kode
1.	Hilir Sungai Ukut – Lati	A1
2.	Hulu Sungai Ukut – Lati	A2
3.	Outlet Settling Pond WMP 7 – Lati	A3
4.	Inlet Settling Pond WMP7 – Lati	A4
5.	C-3 Hulu – Binungan	A5
6.	Pit H-4 Binungan	A6
7.	Settling Pond dxD4 - Binungan	A7
8.	Sungai Kelai – Binungan	A8
9.	Inlet WMP 5 – Sambarata	A9
10.	Outlet WMP 5 – Sambarata	A10
11.	Pit Agatis Sambarata	A11

Tabel 3. Hasil Analisa Sifat Fisik Tanah

Kode Lokasi	Dry Bulk		WetBulk Water		Porositas (%)	Permeabilitas Kf (m/day)
	Density (gr/cm ³)	Density (gr/cm ³)	Content (%)	Content (%)		
LS1	1.39	1.81	18.21	18.21	9.80989E-12	
LS2	1.41	1.89	27.47	27.47	4.89576E-14	

Kode Lokasi	pH H ₂ O	pH KCl	N- Total	NTK (mst/100 g)			
				Na	K	Ca	Mg
LS3	1.47	1.87	27.34	27.34	n.a		
LS4	1.52	1.94	29.59	29.59	n.a		
BS1	1.38	1.81	29.77	29.77	6.06814E-13		
BS2	1.42	1.81	29.34	29.34	2.70153E-12		
BS3	1.59	1.93	18.88	18.88	1.78432E-11		
BS4	1.39	1.77	20.55	20.55	n.a		
BS5	1.25	1.64	27.28	27.28	6.37604E-11		
SS1	0.69	0.87	14.25	14.25	n.a		
SS2	1.69	1.90	19.08	19.08	1.85667E-11		
SS3	1.45	1.88	19.46	19.46	2.11349E-11		
SS4	1.29	1.64	18.52	18.52	1.40286E-11		

Tabel 4. Hasil Analisa Sifat Kimia dan Kesuburan Tanah

Kode Lokasi	pH H ₂ O	pH KCl	N- Total	NTK (mst/100 g)			
				Na	K	Ca	Mg
Lati							
S1	4.87	3.6	ttd	0.55	0.23	0.36	ttd
S2	4.99	3.7	0.05	0.55	0.13	0.88	ttd
S3	3.67	3.31	0.1	0.6	0.21	0.21	ttd
S4	4.82	3.91	ttd	0.68	0.31	0.61	ttd

Tabel 4. Hasil Analisa Sifat Kimia dan Kesuburan Tanah (lanjutan)

Kode Lokasi	pH H ₂ O	pH KCl	N- Total	NTK (mst/100 g)			
				Na	K	Ca	Mg
Binungan							
S5	4.48	3.78	ttd	0.64	0.26	0.75	ttd
S6	4.29	3.67	0.24	0.42	0.18	0.71	ttd
S7	3.56	3.28	ttd	0.64	0.18	0.14	ttd
S8	4.34	3.73	ttd	0.73	0.18	0.56	ttd
Sambarata							
S9	4.08	3.53	1.46	0.59	0.13	0.46	ttd
S10	3.87	3.38	0.22	0.64	0.21	0.17	ttd
S11	3.98	3.53	0.31	0.42	0.18	0.39	ttd
S12	3.72	3.48	4.49	0.64	0.26	0.46	ttd

Tabel 4. Hasil Analisa Sifat Kimia dan Kesuburan Tanah (lanjutan)

Kode Lokasi	C-Organic (%)	P ₂ O ₅ mg/100gr	K ₂ O mg/100gr	Tekstur
Lati				
S1	0.62	ttd	4.16	Lempung Berdebu
S2	0.36	2.24	4.02	Debu
S3	2.67	98.04	4.02	Lempung Berdebu
S4	0.06	ttd	4.84	Lempung Berdebu
Binungan				

S5	1.41	ttd	85.91	Debu
S6	0.89	1.76	104.99	Debu
S7	0.75	3.20	80.40	Lempung Berdebu
S8	0.13	ttd	80.40	Debu
Sambarata				
S9	1.46	ttd	75.00	Lempung Pasiran
S10	0.22	0.67	88.63	Lempung
S11	0.31	4.05	83.18	Lempung Berdebu
S12	4.49	ttd	83.18	Lempung Berdebu

Analisis Laboratorium Sampel Air

Analisis laboratorium sifat fisika dan kimia dari sampel air dilakukan di Laboratorium Air dan Tanah Pusat Penelitian Geoteknologi. Parameter yang dianalisa di laboratorium yaitu Ca, Mg, Na, K, SO₄, Cl, kesadahan (CaCO₃), NO₂, HCO₃, PO₄, Fe dan Mn lihat Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisa Laboratorium Sifat Fisika dan Kimia Air

Parameter	Lokasi					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Suhu(°C)	28,0	30,2	30,3	29,7	31,0	31,3
DHL(s/cm)	1020	330	750	830	1300	1500
pH	4,6	6,5	9,7	3,5	8,0	7,9
DO(mg/l)	3,84	3,26	3,36	2,93	3,82	6,00
Na(mg/l)	5,45	3,95	4,7	3,2	5,45	9,95
K(mg/l)	5,17	4,49	4,49	3,48	5,17	9,23
Ca(mg/l)	21,82	7,27	46,54	10,18	18,91	29,09
Mg(mg/l)	23,68	9,73	6,29	18,96	26,23	28,69
CaCO ₃ (mg/l)	153,28	58,74	142,58	104,5	156,64	192,35
Fe (mg/l)	0,04	0,47	0,06	0,18	ttd	ttd
Mn(mg/l)	0,09	0,04	0,03	0,07	ttd	0,02
HCO ₃ (mg/l)	88,98	63,56	63,56	25,42	88,98	63,56
SO ₄ (mg/l)	425	64	208	172	272	400
Cl (mg/l)	2,04	1,81	4,71	1,81	2,04	5,07
NO ₂ (mg/l)	ttd	0,34	0,19	0,08	0,51	0,21
PO ₄ (mg/l)	ttd	ttd	ttd	0,01	ttd	ttd

3 PEMBAHASAN

3.1. Kualitas dan Kualifikasi Tanah

Berdasarkan analisa dan pengukuran sifat dan parameter parameter fisik *densitas kering* dan *densitas basah* rata-rata pada 3 area Pit Spot terendah pada lokasi sekitar Pit Sambarata Disposal B1 (0-10cm) yaitu 0.69 gr/cm³ sedangkan tertinggi pada lokasi yang sama Disposal B1 (15-30cm) yaitu 1.69 gr/cm³ (Tabel 3). Rendahnya nilai densitas kering ini dikarenakan pada lokasi lokasi tersebut

juga memiliki kadar air yang rendah pula mempunyai bahan organik yang tinggi melihat umur daripada Disposal B1 ini telah lama sekitar 4 tahun. Sifat bahan organik yang ringan dan mampu menahan ataupun menyimpan air di atas kapasitas rata-rata mengakibatkan densitas kering tanah disposal ini rendah, apabila dibandingkan dengan material ataupun tanah dengan komposisi organik yang rendah.

Klasifikasi kualitas *densitas* dilakukan dengan menggunakan Korotaev (1992) dan Kim H Tan (1996) menunjukkan bahwa pada umumnya Pit Spot Binungan area mempunyai klasifikasi *very good* dan *good*. Sedangkan hanya pada beberapa area pengambilan sample pada Pit Spot di Lati dan Sambarata yang mempunyai klasifikasi *bad* sampai ke *very bad*.

Pada Pit K tanah original di Binungan, Pit Sambarata Disposal B1 (0-10cm) dan Pit Agatis Original terklasifikasikan "very good". Ini menunjukkan bahwa nilai densitas kering di lokasi tersebut diatas masih dalam rentang densitas kering material asli yang belum terganggu. Kebalikan pada tanah original Pit Lati P2 Original yang mempunyai bahan organik yang rendah apabila dibandingkan dengan yang lain, ini sangat menunjukkan bahwa dengan rendahnya bahan organik pada beberapa material dan tingginya kandungan mineral ini akan berhubungan erat dengan nilai dari pada densitas keringnya.

Tabel 6. Hasil analisa kadar Air di lokasi pengamatan

Wilayah Tambang	Kode lokasi	Kadar Air (%)
Lati	LS1	18.21
	LS2	27.47
	LS3	27.34
	LS4	29.59
Binungan	BS1	29.77
	BS2	29.34
	BS3	18.88
	BS4	20.55
	BS5	27.28
Sambarata	SS1	14.25
	SS2	19.08
	SS3	19.46
	SS4	18.52
	SS5	18.52

Kadar air asli (insitu) di beberapa lokasi pit spot menunjukkan nilai terendah pada Pit Sambarata Disposal B1 (0-10cm) yaitu 14.25% sedangkan tertinggi pada lokasi sekitar Pit Binungan Disposal H1 (0-15cm) yaitu 29.77% (Tabel 1). Apabila kadar air asli insitu Pit Binungan Disposal H1 (0-15cm) di bandingkan dengan Pit Lati P2 Original dan Pit Binungan K Original maka didapatkan perbedaan

yang tidak begitu signifikan. Dengan melihat area Disposasi H1 di Pit Binungan yang sudah tereklamasi dengan umur kurang dari 1 tahun akan mengakibatkan air dengan mudah terjebak dalam matriks-matriks liat yang mempunyai sifat ataupun kapasitas penyimpanan air yang bagus. Secara umum di kedua lokasi Pit Spot tersebut yaitu Pit Lati dan Binungan yang area disposalnya berumur lebih muda untuk di revegetasi akan lebih tinggi kadar airnya apabila dibandingkan dengan beberapa Disposasi B1 di Pit Sambarata yang usianya lebih tua 4 tahun mempunyai kadar air yang lebih rendah tetapi akan meningkat seiring dengan kedalaman tertentu. Ini menunjukkan bahwa dengan adanya vegetasi pada tanah tereklamasi akan mempunyai dampak positif terhadap perkembangan kemampuan tanah tereklamasi untuk berkembang. Adanya aktifitas vegetasi di permukaan tanah mengakibatkan kadar air asli pada beberapa tempat menjadi bertambah.

Dominansi porositas tinggi pada keseluruhan sample di ketiga Pit Spot Lati, Binungan dan Sambarat yaitu tertinggi pada Pit Binungan Disposasi H1 (0-15cm) yaitu 29.77% sedangkan terendah pada tailing di lokasi Pit Sambarata Disposasi B1 (0-15cm) yaitu 14.25% (Tabel 6). Perbedaan nilai pori yang ada tidak begitu signifikan disini terlihat dengan jelas apabila perbandingan nilai dilakukan pada keseluruhan sample yang ada terutama pada yang terklasifikasi *high* menurut WRB FAO (1990). Ini diakibatkan dengan jelas terlihat pada komposisi ataupun distribusi matriks material yang mendominasi atau bahkan material lunak yang dapat dengan mudah di tembus oleh akar-akaran vegetasi maupun organisme yang ada.

Permeabilitas air yang didapat terhadap klasifikasinya di semua Pit Spot adalah *very low*. Dominansi permeabilitas air yang rendah terlihat pada sekitar lokasi Pit Lati P1 Elev. 50 yaitu 4.89576E-14 m/day sedang tertinggi pada Pit Binungan Pit K Original yaitu 6.37604E-11 m/day (Tabel 9). Sedangkan pada daerah di Pit Sambarata, dominansi permeabilitas air yang tinggi hampir pada keseluruhan area yang ada. Sedangkan pada conto tanah asli sekitar Pit K Binungan dan Pit Agatis Sambarata ini didominasi oleh akar-akaran vegetasi, sehingga dapat dengan mudah terbentuk pori-pori makro yang terisi oleh udara atau bahkan air itu sendiri. Ini mengakibatkan transportasi air pada pori-pori tanah dapat dengan mudah terjadi, sehingga permeabilitas air yang dihasilkan adalah lebih tinggi dibandingkan tanah yang mempunyai porositas yang rendah atau sedikit vegetasi. Adanya vegetasi pada tanah tereklamasi, terlihat dengan lebih tingginya permeabilitas air yang terjadi apabila di bandingkan dengan disposal yang masih baru yang ada. Adanya akar dan aktifitas organisme akan menjelaskan bagaimana hal ini bisa terjadi, dan telah di jelaskan diatas pula.

3.1.1. Kualitas dan Klasifikasi Berdasarkan Sifat Fisik Tanah

Densitas

Densitas sangat berhubungan terbalik dengan total porositas yang memberikan ide kepada kita terhadap pori-pori yang ada untuk transportasi udara dan air dalam suatu matriks tanah. Densitas optimum untuk media terhadap pertumbuhan vegetasi berbeda pada setiap kondisi tanah. Secara umum, *low bulk density* (*high porosity*) mempunyai kemampuan ataupun menyimpan air yang tidak begitu bagus, sedangkan *high bulk density* (*low porosity*) mempunyai kemampuan untuk mengurangi aerasi dan menaikkan kemampuan dan resistansi terhadap perkembangan akar vegetasi. Densitas juga sangat berhubungan dengan karakter tanah secara alami yaitu seperti tekstur, bahan-bahan organik dan strukturnya. Kondisi tersebut tergantung pada setiap tahun dengan interval waktu seiring dengan beberapa proses seperti *settling* terhadap pengawetan dan pengeringan, energi kinetik dari hujan dan aktifitas organisme dan pertumbuhan akar-akaran vegetasi.

Pada tahun 1992, KOROTAEV mempublikasikan suatu artikel mengenai karakterisasi dan klasifikasi densitas tanah pada wilayah dengan vegetasi cemara-cemaraan dan diklasifikasikan sebagai berikut.:

Tabel 7. Klasifikasi *Dry Bulk Density* Berdasarkan Korotaev (1992)

Dry bulk density (g/cm ³)	Stage
< 1.30	very good
1.30 - 1.45	good
1.45 - 1.60	bad
> 1.60	very bad

Pada tahun 1996, Kim H Tan juga mengklasifikasikan densitas dalam beberapa nilai rendah dan tinggi. Sedangkan densitas partikel maupun matriks tanah, Kim H Tan juga mengklasifikasikannya tergantung pada mineral tanah secara individu. Secara umum pada range 2,6-2,75g/cm³, beberapa top soil dengan organik material yang tinggi hanya 2,4g/cm³.

Tabel 8. Klasifikasi *Dry Bulk Density* Berdasarkan Kim H. Tan (1996)

Bulk density range (g/cm ³)	Grade
1.0 - 1.5	low
1.5 - 1.8	mid range
1.8 - 2.0	High

Porositas

Pori-pori tanah sangat berhubungan erat dengan susunan daripada unsur-unsur pokok primer tanah seperti pola dan zona akar vegetasi, proses retakan,

translokasi, pelarutan dsb. Pori-pori tanah juga ekui- valen terhadap jenis, ukuran dan jumlah maupun prosentasenya di dalam tanah. Porositas menunjukkan suatu indikasi terhadap total volume dan ukurannya yang terbentuk terhadap prosentase pori yang terisi oleh udara maupun air. WRB-FAO (*World Reference Base-Food and Agriculture Organization*) 1990, mengklasifikasikannya ke dalam 5 jenis.

Tabel 9. Klasifikasi porositas berdasarkan WRB-FAO (1990)

Porosity (%)	Grade
< 2	very low
2 – 5	Low
5 – 15	Medium
15 – 40	High
> 40	very high

Permeabilitas

Rate dari perpindahan air merupakan fungsi dari *hydraulic conductivity* dan *hydraulic gradient* tanah. Aliran air jenuh akan terjadi apabila tekanan air tanah positif yaitu apabila matriks potensial tanah adalah nol (*saturated wet condition*). *Vertical saturated hydraulic conductivity* merupakan salah satu faktor yang berhubungan dengan flow rate dari air tanah (*flux density*) ke *hydraulic gradient* dan terukur dari pergerakan air di dalam tanah itu sendiri. Apabila resistansi tanah naik, maka *hydraulic conductivity* turun. Resistansi pergerakan air tanah jenuh merupakan fungsi primer dari susunan maupun distribusi dan ukuran dari pori-pori tanah. Pori-pori besar (*continuous pores*) mempunyai resistansi pergerakan air rendah (sehingga mempunyai *conductivity* yang tinggi) dari pada pori-pori kecil (*discontinuous pores*).

Tabel 10. Klasifikasi Permeabilitas Berdasarkan "Arbeitskreis Standortkartierung (1996)"

Class	Kf (m/day)	Grade
1	<0,01	very low
2	0,01 – 0,1	low
3	0,1 – 0,4	mid range
4	0,4 – 1	high
5	1 – 3	very high
6	>3	very very high

Tanah yang mempunyai kandungan liat tinggi, pada umumnya mempunyai *hydraulic conductivity* rendah dari pada tanah pasiran, karena distribusi ukuran pori di tanah pasiran mempunyai pori-pori besar yang banyak walaupun biasanya mempunyai densitas yang tinggi dan total porositas rendah daripada tanah liatan. Klasifikasi permeabilitas didasarkan pada "Arbeitskreis Standortkartierung", Germany, 1996

Tabel 11. Klasifikasi dry bulk density berdasarkan Korotaev dan Kim H Tan

Kode Lokasi	Drybulk density (gr/cm ³)	Wetbulk density (gr/cm ³)	Klasifikasi KimH.Tan (1996)	Klasifikasi KOROTAEV (1992)
LS1	1.39	1.81	low; high	good; very bad
LS2	1.41	1.89	low; high	good; very bad
LS3	1.47	1.87	low; high	bad; very bad
LS4	1.52	1.94	mid range; high	bad; very bad
BS1	1.38	1.81	low; high	good; very bad
BS2	1.42	1.81	low; high	good; very bad
BS3	1.59	1.93	mid range; high	bad; very bad
BS4	1.39	1.77	low; mid range	good; very bad
BS5		1.64	low; mid range	verygood; very bad
	1.25			
SS1	0.69	0.87	verylow; low	very verygood;
				verygood
SS2		1.90	mid range; high	verybad ; very bad
	1.69			
SS3		1.88	low; high	good ; very bad
	1.45			
SS4		1.64	low ; mid range	verygood; very bad
	1.29			

Tabel 12. Klasifikasi Porositas Berdasarkan WRB-FAO (1990)

Pit Spot	Kode Lokasi	Porositas (%)	Klasifikasi WRB-FAO (1990)
Lati	LS1	18.21	high
	LS2	27.47	high
	LS3	27.34	high
	LS4	29.59	high
Binungan	BS1	29.77	high
	BS2	29.34	high
	BS3	18.88	high
	BS4	20.55	high
	BS5	27.28	high
Sambarata	SS1	14.25	medium
	SS2	19.08	high
	SS3	19.46	high
	SS5	18.52	high

Tabel 13. Klasifikasi Permeability Berdasarkan "Arbeitskreis Standortkartierung"

Pit Lokasi	Kode	Permeability Kf (m/day)	Klasifikasi "Arbeitskreis Standortkartierung" Germany (1996)
Lati	LS1	9.80989E-12	very low
	LS2	4.89576E-14	very low
	LS3	n.a	n.a
	LS4	n.a	n.a
Binungan			

BS1	6.06814E-13	very low
BS2	2.70153E-12	very low
BS3	1.78432E-11	very low
BS4	n.a	n.a
BS5	6.37604E-11	very low
Samarata		
SS1	n.a	n.a
SS2	1.85667E-11	very low
SS3	2.11349E-11	very low
SS4	1.40286E-11	very low

3.1.2. Klasifikasi dan Kualifikasi Berdasarkan Sifat Kimia dan Kesuburan Tanah

Pada hasil analisa sifat kimia menunjukkan bahwa tanah asli, tanah area revegetasi dan tanah timbunan (disposal) pada lokasi-lokasi pengambilan contoh mempunyai pH yang rendah (asam), berkisar antara 3,56 sampai dengan 4,99. Nilai pH terendah pada lokasi Tanah area revegetasi D-500 Lati, sedangkan nilai pH tertinggi pada lokasi Disposal H1-Binungan.

Kandungan unsur C pada hampir semua lokasi pengamatan menunjukkan nilai yang rendah, kecuali pada lokasi pengamatan Disposal A2-Binungan (kedalaman 25-35 cm) dan Disposal B1-samarata (kedalaman 25-30 cm). Kandungan unsur C tertinggi pada lokasi pengamatan Disposal B1-Samarata (kedalaman 25-35cm), sedangkan kandungan unsur C terendah pada lokasi pengamatan tanah asli P2-Lati.

Kandungan unsur hara makro N (Nitrogen) yang sedang terdapat pada lokasi pengamatan Tanah Asli Pit K-Binungan. Sedangkan pada lokasi pengamatan Disposal H1-Binungan dan Disposal A2-Binungan (Kedalaman 0-25cm dan 25-35 cm) kandungan unsure Nitrogen-nya rendah. Hasil analisa terhadap contoh tanah dari lokasi 8 pengamatan lainnya, menunjukkan kandungan unsure Nitrogennya tidak terdeteksi.

Dari hasil analisa laboratorium, Kandungan unsure P (fosfor) pada 6 lokasi pengamatan tidak terdeteksi. Sedangkan pada 6 lokasi pengamatan lainnya menunjukkan bahwa kandungan unsure P pada hampir semua lokasi pengamatan memiliki nilai yang sangat rendah. Kecuali pada lokasi pengamatan Disposal A2 (kedalaman 25-35cm)-Binungan, nilai kandungan unsure fosfor-nya sangat tinggi yaitu 98,04 mg/100gr.

Tabel 14. Kriteria Penilaian Sifat Kimia / Kesuburan Tanah

Parameter	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C (%)	< 1,00	1,00-2,00	2,01-3,00	3,01-5,00	> 5,00

	< 0,10	0,10-0,20	0,21-0,5	0,51-0,75	> 0,75
N (%)	< 0,10	0,10-0,20	0,21-0,5	0,51-0,75	> 0,75
P ₂ O ₅ (mg/100g)	< 15	15 - 20	21 - 40	41-60	> 60
K ₂ O (mg/100g)	< 10	10 - 20	21 - 40	41-60	> 60
Kation K (meq/100g)	< 0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6 - 1	> 1
Na (meq/100g)	< 0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8 - 1	> 1
Mg (meq/100g)	< 0,3	0,4-1,0	1,1-2,0	2,1 - 5	> 5
Ca (meq/100g)	< 2	2 - 5	6-10	11-20	> 20
	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis
					Alkalis (basa)
pH	4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5 > 8,5

Sumber : Lembaga Penelitian Tanah (LPT) Bogor dalam Saifuddin sarief (1989)

Kandungan unsure hara K (Kalium) pada lokasi pengamatan berkisar antara 4,02 mg/100gr sampai dengan 104,99 mg/100gr. Kandungan unsure hara terendah pada lokasi pengamatan Disposal H1-Binungan dan Disposal A2 (kedalaman 25-35cm)-Binungan, sedangkan kandungan unsure K tertinggi terdapat pada lokasi pengamatan Tanah asli Pit K-Binungan.

Hasil analisa terhadap nilai tukar kation unsur-unsur Na, Ca dan K dari hampir semua contoh tanah dari lokasi-lokasi pengamatan menunjukkan nilai yang rendah, namun nilai tukar kation unsur Na lebih baik dibandingkan kedua unsur lainnya. Sedangkan Nilai tukar kation dari unsur Mg (magnesium) di semua lokasi pengamatan tidak terdeteksi.

Hasil analisa laboratorium terhadap kelas tekstur tanah terhadap contoh tanah dari semua lokasi pengamatan menunjukkan bahwa umumnya tanah-tanah yang dianalisa memiliki tekstur debu dan lempung berdebu kecuali tekstur tanah dari lokasi pengamatan tanah asli Pit Agatis-Samarata dan Disposal B1 Samarata memiliki tekstur masing-masing lempung pasir dan lempung.

3.1.3. Aplikasi "Artificial Substrate" Dan Kemungkinan Pemanfaatan Limbah Pembakaran Batubara PLTU Lati

Dari beberapa hasil kualifikasi dan kuantifikasi material yang ada di sekitar dan di beberapa pit tersebut diatas, maka dengan berbagai studi terhadapnya kemungkinan untuk penggunaan material di Pit Samarata lebih dimungkinkan untuk pembuatan artificial substrate walaupun pit-pit yang lain juga dimungkinkan dan terutama apabila

diaplikasikan di bekas lantai tambang yang mempunyai kemiringan sangat tinggi. Analisis sifat kimia dan fisik maupun pembobotan kualifikasi dan kuantifikasinya dari beberapa material dimungkinkan sebagai material remediasi untuk substitusi tanah sebagai media program revegetasi yang ada di PT.Berau Coal.

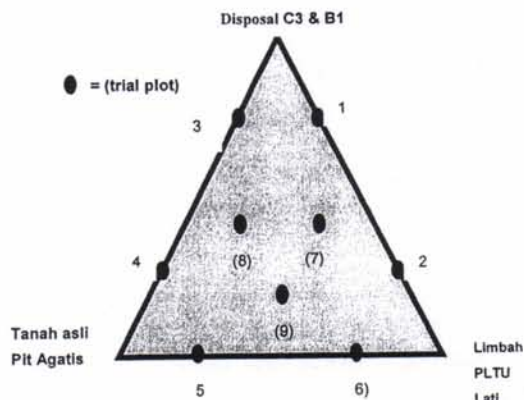
Adapun sebagai substitusi mineral silikat dan alumina ataupun mineral metal oksida ataupun nitrat diambilkan dari limbah pembakaran batubara PLTU Lati yang juga bisa digunakan sebagai filtering untuk menurunkan pH tanah maupun air asam tambang nantinya. Limbah pembakaran batubara PLTU Lati mempunyai karakteristik yang menarik apabila dibandingkan dengan PLTU yang lain, dikarenakan dari penampakan fisiknya masih mempunyai kandungan karbon yang tinggi sehingga akan sangat mempunyai kemampuan yang tinggi untuk ataupun sebagai material penyerap.

Secara umum batubara mempunyai sifat basa tinggi apabila mempunyai kadar abu yang tinggi pula. Kadar abu dalam batubara biasanya dilinearakan terhadap mineral pengotornya dan apabila dalam keadaan kering dan mempunyai kadar abu antara 12% sampai dengan 15% akan mempunyai pH 9 sampai dengan 11. Apabila mempunyai kadar abu yang rendah misalnya 4% maka akan mempunyai pH kurang dari 8.

Dengan total setiap plot yang akan di terapkan nantinya sebanyak 200m³ setiap kandidat material yang akan diaplikasikan sebagai percobaan plot. Dari beberapa perbandingan material untuk artificial substrate, dengan penggunaan limbah pembakaran batubara PLTU Lati dimungkinkan juga untuk bisa diaplikasikan ke pit-pit yang lain, sehingga penurunan tingkat keasaman tanah maupun air asam akan bisa diminimalisasi.

Tabel 15. Perbandingan Material Artificial Substrate

Plot	Disposal C3 atau B1(m ³)	Limbah PLTU Lati Fresh (m ³)	Pit Agatis Original Soil(m ³)
1	140	60	0
2	60	140	0
3	140	0	60
4	60	0	140
5	0	60	140
6	0	140	60
7	80	80	40
8	80	40	80
9	40	80	80



Gambar 3. Diagram Ternary Material Artificial Substrates

3.2. Kualitas dan Kualifikasi Air

3.2.1. Kualitas Fisik dan Kimia Air

Hulu dan Hilir Sungai Ukut

Berdasarkan hasil analisa, air hulu Sungai Ukut memiliki nilai pH lebih baik dibandingkan bagian hilir. Hilir Sungai Ukut memiliki nilai pH yang rendah (asam), sedangkan nilai pH pada bagian hulu Sungai Ukut mendekati netral yaitu 6,5. Besarnya oksigen terlarut (DO) untuk air sungai bagian hulu dan hilir masing-masing 3,84 mg/l dan 3,26 mg/l. Konsentrasi Fe dan Mn pada Hilir dan hulu Sungai Ukut relatif rendah yaitu antara 0,04-0,47 mg/l.

Inlet dan Outlet Pengolahan Settling Pond WMP 7

Kualitas Air pada lokasi inlet settling pond WMP 7 memiliki nilai pH yang sangat rendah (asam) yaitu 3,5. Sedangkan nilai pH air bagian outlet sangat tinggi (alkalis) yaitu 9,7. Besarnya oksigen terlarut (DO) untuk air pada bagian inlet adalah 3,36 mg/l, sedangkan nilai DO pada bagian outlet adalah 2,93 mg/l. Konsentrasi Fe dan Mn pada bagian inlet dan outlet masih rendah yaitu masing-masing 0,06 mg/l dan 0,03 mg/l.

C3 Hulu BM- Binungan

Berdasarkan analisa, kualitas air di lokasi C3 Hulu-Binungan memiliki nilai pH yang baik, yaitu 8,0. Besarnya oksigen terlarut (DO) adalah 3,82 mg/l. Konsentrasi Fe dan Mn pada lokasi C3 hulu-Binungan ini tidak terdeteksi.

Pit H4- Binungan

Kualitas air di lokasi pengamatan H4-Binungan memiliki nilai pH dan DO yang baik. Nilai pH pada

lokasi ini adalah 7,9 dan besarnya oksigen terlarut (DO) cukup tinggi yaitu 6 mg/l. Konsentrasi Fe di pit H-4 Binungan ini tidak terdeteksi, sedangkan besarnya konsentrasi Mn masih rendah yaitu 0,02 mg/l. Hasil analisa terhadap unsur atau senyawa lain menunjukkan bahwa konsentrasi SO₄ pada lokasi ini cukup tinggi yaitu 400 mg/l.

Settling Pond dxD4 - Binungan

Berdasarkan analisa, kualitas air di lokasi pengamatan settling pond - Binungan memiliki nilai pH sebesar 7,9, sedangkan besarnya oksigen terlarut (DO) adalah 3,21 mg/l. Konsentrasi Fe dan Mn pada lokasi ini rendah yaitu masing-masing 0,11 mg/l dan 0,02 mg/l. Konsentrasi SO₄ dan NO₂-N pada lokasi ini cukup tinggi yaitu masing-masing sebesar 410 mg/l dan 2,21 mg/l.

Sungai Kelai- Binungan

Kualitas air Sungai Kelai - Binungan memiliki nilai pH sebesar 7,7. Besarnya oksigen terlarut (DO) cukup tinggi yaitu 5,41. Konsentrasi Fe lokasi ini cukup tinggi yaitu sebesar 2,09 mg/l, sedangkan konsentrasi Mn pada lokasi ini tidak terdeteksi.

Inlet WMP 5 dan Outlet WMP5- Sambarata

Kualitas Air inlet WMP 5 memiliki nilai pH yang tinggi (alkalis) yaitu 9,5. Sedangkan pada bagian outlet WMP 5 nilai pH-nya netral yaitu 7,1. Besarnya oksigen terlarut (DO) untuk air pada inlet WMP 5 sangat tinggi yaitu 18,55 mg/l sedangkan pada bagian outlet besarnya DO adalah 2,06 mg/l. Ini berarti terjadi penurunan kandungan oksigen terlarut dari lokasi pengamatan pertama ke lokasi pengamatan outlet WMP 5. Konsentrasi Fe dan Mn pada lokasi WMP 5 Sambarata tidak terdeteksi. Begitu pula pada lokasi outlet WMP 5, kandungan Fe-nya tidak terdeteksi, sedangkan konsentrasi Mn pada lokasi ini masih rendah yaitu 0,05 mg/l. Konsentrasi SO₄ pada inlet dan outlet WMP 5 cukup tinggi yaitu masing-masing 582 mg/l dan 552 mg/l.

Pit Agatis Sambarata

Kualitas air Pit Agatis Sambarata memiliki nilai pH yang rendah (asam) yaitu sebesar 3,9, sedangkan besarnya oksigen terlarut (DO) adalah 3,47 mg/l. Konsentrasi Fe dan Mn pada lokasi ini masih rendah yaitu masing-masing 0,23 mg/l dan 0,03 mg/l.

Permasalahan yang cukup menarik dilihat dari tingkat keasaman air adalah kondisi perairan di Tambang Lati. Kondisi hidrologi permukaan daerah Tambang Lati ditandai dengan keberadaan Sungai Lati yang melewati bagian atas dari lapisan batubara di sebelah Timur. Hasil kajian yang dilakukan terhadap sungai tersebut menunjukkan bahwa Sungai Lati yang mempunyai daerah tangkapan hujan

sebesar 177,5 km² perlu mendapat perhatian lebih. Pemindahan aliran sungai Lati kearah sebelah Timur, sebelum penambangan batubara dilakukan. Telah berdampak kepada tingginya tingkat keasaman. Walaupun diupayakan dibuat *settling pond* dan dilakukan pengapuran pada outlet *settling pond* sehingga pH antara 7-9, namun setelah melalui aliran sepanjang bukaan sungai baru, tingkat keasaman masih pada bagian hilir sungai masih semakin tinggi. Pada ujung sungai Lati, tingkat keasaman mencapai pH 3,9.

3.2.2. Kualifikasi Mutu dan Penggunaan Air

Dari hasil analisis parameter kualitas air di daerah penelitian, diperoleh kualifikasi air untuk pemanfaatannya, berdasarkan standar kualitas mutu air (PP No.82 Tahun 2001) sebagai berikut :

Hulu dan Hilir Sungai Ukut

Besarnya pH pada bagian Hilir Sungai Ukut berada dibawah kriteria minimum yang disyaratkan dalam kriteria mutu air semua kelas (Kelas I-IV). Sedangkan nilai pH bagian hulu Sungai Ukut berada diantara rentang minimum dan maksimum nilai pH yang disyaratkan dalam kriteria mutu air semua kelas. Besarnya oksigen terlarut (DO) untuk air sungai bagian hulu dan hilir memenuhi kriteria mutu air kelas III (Budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman) dan IV (pengairan tanaman) sesuai dengan PP.no.82 tahun 2001. Konsentrasi Fe dan Mn pada Hilir Sungai Ukut masih berada dibawah kadar maksimum kriteria mutu air, sedangkan pada hulu Sungai Ukut, kadar Fe (besi) berada diatas kadar maksimum kriteria mutu air kelas I (air baku air minum).

Inlet dan Outlet Pengolahan Settling Pond WMP 7

Kualitas Air inlet memiliki nilai pH dibawah kriteria minimum yang disyaratkan dalam kriteria mutu air semua kelas (Kelas I-IV). Sedangkan nilai pH air bagian outlet berada diatas kadar maksimum nilai pH yang disyaratkan dalam kriteria mutu air semua kelas. Besarnya oksigen terlarut (DO) untuk air pada bagian inlet memenuhi kriteria mutu air kelas IV (pengairan tanaman), sedangkan nilai DO pada bagian outlet memenuhi kriteria mutu air kelas III (Budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman) dan IV (pengairan tanaman). Konsentrasi Fe dan Mn pada bagian inlet dan outlet masih berada dibawah kadar maksimum kriteria mutu air semua kelas (PP. No. 82 tahun 2001)

C3 Hulu BM- Binungan

Kualitas air di lokasi C3 Hulu-Binungan memiliki nilai pH diantara rentang pH yang disyaratkan pada kriteria mutu air semua kelas (I-

IV). Besarnya oksigen terlarut (DO) memenuhi kriteria mutu air kelas III (Budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman) dan IV (pengairan tanaman) sesuai dengan PP.No.82 tahun 2001. Konsentrasi Fe dan Mn pada lokasi C3 hulu-Binungan ini tidak terdeteksi.

Pit H4- Binungan

Nilai pH pada lokasi ini berada diantara rentang pH yang disyaratkan pada kriteria mutu air semua kelas (I-IV) dan besarnya oksigen terlarut (DO) memenuhi kriteria mutu air semua kelas. (I-IV) Konsentrasi Fe ini tidak terdeteksi, sedangkan besarnya konsentrasi Mn masih berada dibawah kriteria mutu air semua kelas (I-IV).

Settling Pond dxD4 -Binungan

Kualitas air di lokasi pengamatan settling pond-Binungan memiliki nilai pH diantara rentang kadar minimum dan maksimum kriteria mutu air semua kelas (I-IV). Besarnya oksigen terlarut (DO) memenuhi kriteria mutu air kelas III (Budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman) dan IV (pengairan tanaman) dengan mengacu kepada PP.No.82 tahun 2001. Konsentrasi Fe dan Mn pada lokasi ini besarnya masih berada dibawah kriteria mutu air semua kelas (I-IV).

Sungai Kelai-Binungan

Kualitas air Sungai Kelai-Binungan memiliki nilai pH diantara rentang kadar minimum dan maksimum kriteria mutu air semua kelas (I-IV). Besarnya oksigen terlarut (DO) memenuhi kriteria mutu air kelas II (rekreasi, budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman), III (Budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman) dan IV (pengairan tanaman) sesuai dengan PP.No.82 tahun 2001. Konsentrasi Fe lokasi ini berada diatas kriteria mutu air semua kelas I, sedangkan konsentrasi Mn pada lokasi ini tidak terdeteksi.

Inlet WMP 5 dan Outlet WMP5- Samarata

Nilai pH pada lokasi pengamatan Inlet WMP diatas kriteria maksimum yang disyaratkan dalam kriteria mutu air semua kelas (Kelas I-IV). Sedangkan pada bagian outlet WMP 5 nilai pH-nya netral berada diantara rentang nilai minimum dan maksimum yang disyaratkan dalam kriteria mutu air semua kelas. Besarnya oksigen terlarut (DO) untuk air pada inlet WMP 5 memenuhi kriteria mutu air semua kelas. Sedangkan nilai DO pada bagian outlet memenuhi kriteria mutu air kelas IV (pengairan tanaman). Konsentrasi Fe dan Mn pada lokasi WMP 5 Samarata tidak terdeteksi. Begitu pula pada lokasi outlet WMP 5, kandungan Fe-nya tidak terdeteksi, sedangkan konsentrasi Mn pada lokasi ini masih

berada dibawah kriteria maksimum mutu air (PP. No. 82 tahun 2001)

Pit Agatis Samarata

Berdasarkan PP.No.82 tahun 2001, kualitas air Pit Agatis Samarata memiliki nilai pH dibawah kadar minimum kriteria mutu air semua kelas (I-IV). Besarnya oksigen terlarut (DO) memenuhi kriteria mutu air kelas III (untuk budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman) dan IV (untuk pengairan tanaman). Konsentrasi Fe dan Mn pada lokasi ini berada dibawah kriteria maksimum mutu air semua kelas (I-IV).

Tabel 16. Kualitas Air Berau Dibandingkan Dengan Kriteria Mutu Air (PP. 82 Th. 2001)

PP. No.82/2001	Temp. °C	DHL S/mh	pH	Fe mg/l	Mn mg/l
Kel. I	Deviasi 3	1000	6-9	0.3	0.1
Kel. II	Deviasi 3	1000	6-9	-	-
Kel. III	Deviasi 3	1000	6-9	-	-
Kel. IV	Deviasi 3	2000	5-9	-	-
A1	28,5	1020	4,6	0,04	0,09
A2	30,2	330	6,5	0,47	0,04
A3	30,3	750	9,7	0,06	0,03
A4	29,7	830	3,5	0,18	0,07
A5	31,0	1300	8,0	Ttd	Ttd
A6	31,3	1500	7,9	Ttd	0,02
A7	33,6	Tdd	7,9	0,11	0,02
A8	27,0	100	7,7	1,09	Ttd
A9	34,8	1690	9,5	Ttd	Ttd
A10	32,5	1790	7,1	Ttd	0,05
A11	33,4	tdd	3,9	0,23	0,03

Tabel 16. Kualitas Air Berau Dibandingkan Dengan Kriteria Mutu Air (PP. 82 Th. 2001).(lanjutan)

PP. No.82, 2001	SO ₄ mg/l	Cl mg/l	NO ₂ -N mg/l	DO mg/l
Kel. I	400	600	0,06	6
Kel. II	-	-	0,06	4
Kel. III	-	-	0,06	3
Kel. IV	-	-	-	0
Kode A1	42,5	2,04	ttd	3,84
A2	64	1,81	0,34	3,26
A3	208	4,71	0,19	3,36
A4	172	1,81	0,08	2,93
A5	272	2,04	0,51	3,82
A6	400	5,07	0,21	6,00
A7	410	8,88	2,21	3,21
A8	15	1,81	0,13	5,41
A9	582	5,79	0,45	18,55
A10	552	6,16	Ttd	2,06
A11	10,5	2,04	0,14	3,47

Tabel 17. Kualifikasi dan Rekomendasi Penggunaan Air di Daerah Penelitian

Kode Lokasi	Kelas (PP.No.82, 2001)	Keterangan
A1	IV	Untuk pengairan tanaman
A 2	III dan IV	Untuk budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman
A 3	-	Ph air terlalu tinggi (Alkalis)
A 4	-	Ph air terlalu rendah (Asam)
A 5	III dan IV	Untuk budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman
A6	Semua Kelas	Air baku air minum, prasarana rekreasi air, budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman
A7	III dan IV	Untuk budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman
A8	II, III dan IV	Untuk prasarana rekreasi air, Untuk budidaya air tawar, peternakan, pengairan tanaman
A9	-	Ph air terlalu tinggi (alkalis)
A10	IV	Untuk pengairan tanaman
A11	-	Ph air terlalu rendah (asam)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan di lapangan dan analisa laboratorium, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Berdasarkan analisa dan pengukuran sifat dan parameter fisik *densitas kering* dan *densitas basah* rata-rata pada 3 area Pit Spot terendah pada lokasi sekitar Pit Samarata Disposal B1 (0-10cm) yaitu 0.69 gr/cm³ sedangkan tertinggi pada lokasi yang sama Disposal B1 (15-30cm) yaitu 1.69 gr/cm³ (Tabel 12). Rendahnya nilai densitas kering ini dikarenakan pada lokasi lokasi tersebut juga memiliki kadar air yang rendah pula mempunyai bahan organik yang tinggi melihat umur daripada Disposal B1 ini telah lama sekitar 4 tahun.
- Dari beberapa pengantar dan hasil analisa material baik analisa fisik maupun kimia di atas, menunjukkan bahwa ada tiga jenis material yang ada di sekitar lokasi penambangan batubara di Lati, Samarata dan Binungan yang bisa digunakan untuk membuat „artificial substrates“. Dari beberapa perbandingan material untuk artificial substrate, dengan penggunaan limbah pembakaran batubara PLTU Lati dimungkinkan juga untuk bisa diaplikasikan ke pit-pit yang lain, sehingga penurunan tingkat keasaman tanah maupun air asam akan bisa diminimalisasi.
- Kualitas air (sungai dan settling pond) disekitar lokasi penambangan batubara di Lati, Samarata dan Binungan. Pada titik pengambilan sample

A1, A4, dan A11, pada inlet settling pond tingkat keasaman sangat tinggi (pH 3.5, 3,9 dan 4,9) sedangkan pada beberapa outlet (setelah dilakukan pengapuran) airnya bersifat alkalis (pH 6,5 s/d 9,7).

4.2 Saran

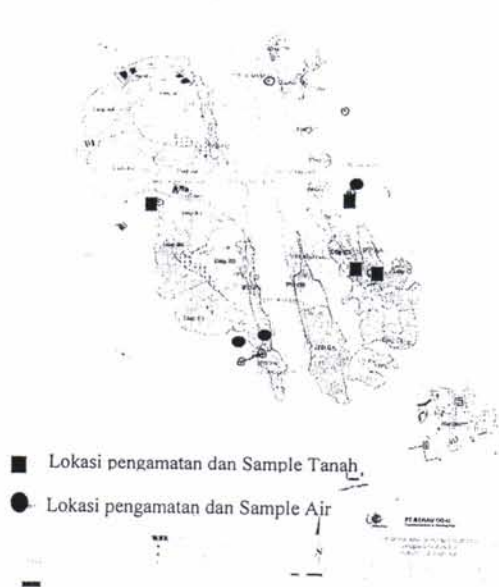
- Dibuat suatu demplot dari *artificial substrat* yang merupakan pencampuran tiga material (tanah asli, disposal, dan *fly/bottom-ash* dari imbah PLTU Lati) dengan perbandingan tertentu, yang diharapkan mempunyai karakteristik optimal sebagai lahan (tanah) revegetasi dilihat dari parameter fisika, kimia, dan kesuburan. Jumlah substrat disarankan sebanyak 200 m³ setiap kandidat material yang akan diaplikasikan sebagai demplot percobaan.
- Dilakukan karakterisasi yang lebih detil mengenai penyebab terjadinya air asam tambang (terutama daerah Lati), sehingga bisa diperkirakan alternatif remediasi yang paling optimal (passive treatment/lahan basah buatan, active treatment/sistem pengapuran, atau pencegahan/geo-textile)

DAFTAR PUSTAKA

- Buku Pedoman Acuan (RM) Metodologi Standar Lingkungan (ESM) Volume 2, Proyek BRNP EMS, BAPEDAL, Jakarta, 16 Mei 2000.
- Arbeitskreis Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung: *Forstliche Standortaufnahme*, IHW Verlag, 1996.
- Eijkelkamp Agrisearch Equipment-Manual Handbook, PO. Box 4.6987 ZG Giesbeek, the Netherlands, 1992.
- Hofenauer A, 2001. *Boden und Vegetationskundliche Untersuchung zur Forstlichen Rekultivierungsprojektes des Braunkohletagebaus "Oberdorf" der GKB-Bergbau GmbH, Koeflach*, Diplomarbeit, Lehrstuhl fuer Forstliche Arbeitwissenschaft und Angewandte Informatik der Technische Universitaet Muenchen.
- Klute A, 1986. *Methods of Soil Analysis (Physical and Mineralogical Methods)*, second edition, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America Inc.
- Kremer J, Matthies D, Weixler H, Warkotsch W, 1998. *Untersuchungen zur Bestandesentwicklung auf Mechanisch Belasteten Waldstandorten*, Abschlussbericht zum Forschungsprojekt A 32 des Kuratoriums der Bayerischen Landesanstalt fuer Wald und Forstwirtschaft.
- Kustiawan. W, 2001. *Perkembangan Vegetasi dan Kondisi Tanah Serta Revegetasi Pada Lahan*

- Bekas Galian Tambang Batubara di Kalimantan Timur*, Jurnal Ilmiah Kehutanan "Rimba Kalimantan" Vol. 6, No. 2, Des. 2001, ISSN 1412-2014.
- Matthies D., 1996. *Neuartige Verfahren zur Bestimmung der Gasleitfähigkeit von Poroesen Materialien Insbesondere von Boeden*, Forstliche Forschungsberichte Muenchen Nr. 157, Schriftreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Muenchen und der Bayerischen Landesanstalt fuer Wald und Forstwirtschaft.
- Mihaylova E. 2002. *Untersuchung zur Bodenstrukturellen Entwicklung der Versuchsflaechen des Rekultivierungsprojektes "Oberdorf" GKB-Bergbau GmbH, Koeftlach*, Diplom-arbeit, Lehrstuhl fuer Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik der Technische Universität Muenchen.
- Mursito A T., 2004. *Soil Structural Development of Artificial Vegetation Substrates (made by Coal Fly Ash, Gravel G5 and Clay) for The Reclamation Project „Oberdorf“ GKB-Bergbau GmbH Kólach Austria*, MSc Thesis of Sustainable Resources Management, Technische Universität Muenchen.
- Mining for the Future*, Appendix C., 2002. Abandoned Mines Working Paper, International Institute for Environment and Development (IIED).
- Mining for Closure: Policies, practises and guidelines for sustainable mining and closure of mines (explanatory summary)*, UNECE Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context (Espoo Convention); the Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996.
- , Laporan Dokumentasi PT Berau Coal.
- Sarief S, 1989. *Kesuburan Dan Pemupukan Tanah Pertanian*, Cetakan Ketiga, CV. Pustaka Buana, Bandung.

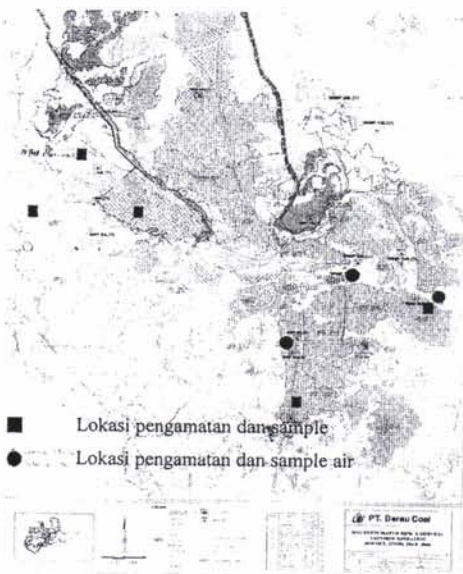
LAMPIRAN



Peta tambang Sambarata, lokasi pengamatan dan pengambilan sampel



Peta tambang Binangun, lokasi pengamatan dan pengambilan sampel



Peta tambang Lati, lokasi pengamatan dan pengambilan sampel