

Karakteristik Kimia Tanah Lahan Reklamasi Tambang Batubara di Provinsi Jambi

The Soil Chemical Characteristics of of Coal Mining Land Reclamation at Jambi Province

Rima Purnamayani^{1*}, J. Hendri¹ dan H. Purnama¹

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jambi

Jl. Samarinda Paal V Kotabaru Jambi Telp : 0741-40174

^{*}Corresponding author : bptp-jambi@litbang.pertanian.go.id, rimacahyo@yahoo.com

ABSTRACT

Coal mining is providing great local revenue, but on the other hand these activities cause severe environmental damage in the form of the opening of vegetation cover on land clearing process. Furthermore, the process of extracting lead to loss of nutrients and soil organic matter content, changes in topography and landscape as well as the pollution of water and soil. In the coal mined land, a major problem that arises is the environmental change. The chemical changes mainly affects the ground water and surface water, continuing physical changes in morphology and topography. One stage mining operations carried out by mining companies are doing to the land reclamation of waste rock pile (*overburden*). Reclamation activities are necessary to improve post-mining land. In general, land in mined land containing low levels of nutrients. The purpose of this study is to know the chemical characteristics of the soil on land reclamation after coal mining. Survey identification characteristics of the land reclaimed tin mine conducted on Muaro Jambi and Batanghari Regency. Implementation activities: Sampling soil in land reclamation after coal mining and analysis of chemical properties of soil reclamation after coal mining. The result shows that characteristics of chemical/soil fertility in land reclamation after coal mining is low-very low for a large mining less attention to the placement of top soil remains in layers top.

Key words: coal mines, reclamation, soil chemistry

ABSTRAK

Penambangan batubara memang memberikan pendapatan daerah yang besar, namun di sisi lain kegiatan tersebut menimbulkan kerusakan lingkungan yang parah yaitu berupa terbukanya penutupan vegetasi pada proses *land clearing*. Selanjutnya, proses penggalian menyebabkan hilangnya hara dan kandungan bahan organik tanah, perubahan topografi dan bentang alam serta pencemaran air dan tanah. Pada lahan bekas tambang batubara masalah utama yang timbul adalah perubahan lingkungan. Perubahan kimiawi terutama berdampak terhadap air tanah dan air permukaan, berlanjut secara fisik perubahan morfologi dan topografi lahan. Salah satu tahap operasi penambangan yang dilakukan oleh perusahaan tambang adalah melakukan reklamasi terhadap lahan timbunan batuan limbah (*overburden*). Kegiatan reklamasi penting dilakukan untuk memperbaiki lahan bekas tambang. Pada umumnya tanah di lahan bekas tambang mengandung kadar unsur hara yang rendah. Tujuan kajian ini adalah Mengetahui karakteristik kimia tanah pada lahan reklamasi pasca pertambangan batubara. Survey identifikasi karakteristik lahan reklamasi tambang timah dilaksanakah di Kabupaten Muaro Jambi dan Kabupaten Batanghari. Pelaksanaan kegiatan: Pengambilan sampel tanah di lahan reklamasi pasca pertambangan

batubara dan Analisis sifat kimia tanah lahan reklamasi pasca pertambangan batubara Karakteristik kimia/kesuburan tanah pada lahan reklamasi pasca pertambangan batubara tergolong rendah–sangat rendah karena sebagai besar pertambangan kurang memperhatikan penempatan top soil tetap di lapisan teratas.

Kata Kunci : kimia tanah, reklamasi, tambang batubara,

PENDAHULUAN

Penambangan batubara memang memberikan pendapatan daerah yang besar, namun di sisi lain kegiatan tersebut menimbulkan kerusakan lingkungan yang parah yaitu berupa terbukanya penutupan vegetasi pada proses *land clearing*. Selanjutnya, proses penggalian menyebabkan hilangnya hara dan kandungan bahan organik tanah, perubahan topografi dan bentang alam serta pencemaran air dan tanah. (Sudaiana, 2012 dalam Purnamayani *et al.*, 2015). Pada lahan bekas tambang batubara masalah utama yang timbul adalah perubahan lingkungan. Perubahan kimiawi terutama berdampak terhadap air tanah dan air permukaan, berlanjut secara fisik perubahan morfologi dan topografi lahan. Lebih jauh lagi adalah perubahan iklim mikro yang disebabkan perubahan kecepatan angin, gangguan habitat biologi berupa flora dan fauna, serta penurunan produktivitas tanah dengan akibat menjadi tandus atau gundul (Pribadi, 2012).

Salah satu tahap operasi penambangan yang dilakukan oleh perusahaan tambang adalah melakukan reklamasi terhadap lahan timbunan batuan limbah (*overburden*). Kegiatan reklamasi penting dilakukan untuk memperbaiki lahan bekas tambang. Pada umumnya tanah di lahan bekas tambang mengandung kadar unsur hara yang rendah. Reklamasi dan revegetasi merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki kondisi lahan pasca penambangan. Reklamasi adalah kegiatan pengelolaan tanah yang mencakup perbaikan kondisi fisik tanah *overburden* agar tidak terjadi longsor, pembuatan waduk untuk perbaikan kualitas air asam tambang yang beracun, yang kemudian dilanjutkan dengan kegiatan revegetasi (Pujawati, 2009).

Proses alihfungsi lahan bekas tambang menjadi lahan pertanian tanaman pangan membutuhkan tiga tahapan reklamasi. Ketiga tahapan reklamasi tersebut adalah sebagai berikut: (i) pemulihan fungsi lahan yang telah kritis dan rusak, antara lain melalui penanaman vegetasi reklamasi, (ii) peningkatan fungsi lahan kritis dan lahan rusak yang sudah dipulihkan agar menjadi lahan yang produktif, termasuk untuk produksi tanaman pangan, dan (iii) pemeliharaan fungsi lahan yang fungsinya telah dipulihkan dan ditingkatkan tersebut agar tidak kembali menjadi lahan kritis dan lahan rusak (Hermawan, 2011).

Pada penambangan sistem terbuka nampak bahwa apabila penanganan kurang hati-hati permasalahan yang mungkin terjadi adalah perubahan bentang lahan, rusaknya struktur tanah, dan hilangnya tanah lapisan atas. Hasil penelitian Subardja (2009) dalam Subowo (2011) menunjukkan bahwa lahan bekas penambangan rakyat sistem terbuka memiliki permukaan lahan tidak teratur, kesuburan tanah rendah, dan rawan erosi, sehingga daya dukung tanah untuk tanaman rendah.

Zulkarnain (2014) telah melaksanakan penelitian terhadap lahan bekas tambang batubara yang telah direklamasi selama kurun waktu 5 tahun. Hasil analisis tanah pada lahan bekas tambang batubara yang telah direklamasi selama kurun waktu 5 tahun menunjukkan bahwa: (1) KTK tanah sebesar 19,00 me 100 g-1 tanah (tergolong sedang), KB sebesar 100% (tergolong sangat tinggi), C-organik sebesar 1,30 % atau setara dengan 2,24 % bahan organik (tergolong rendah) dan P tersedia sebesar 6,30 ppm (tergolong rendah). Berdasarkan kriteria yang ada maka status kesuburan kimia tanah tersebut tergolong sedang.

Pertambangan di Provinsi Jambi terdiri dari beberapa macam yang meliputi diantaranya tambang emas, tambang minyak dan tambang batubara. Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jambi, luas izin operasi produksi tambang batubara hingga akhir 2015 ini seluas 107.192,1 ha, sedangkan izin eksplorasi mencapai 139.150,1 ha. Proses kegiatan pertambangan batubara di wilayah Provinsi Jambi yang menggunakan teknik penambangan terbuka (*open pit mining*) dengan metode gali-isi kembali (*Back fillings method*).

Pada saat ini ada sekitar 109 izin operasi dan 71 izin eksplorasi perusahaan tambang batubara yang beroperasi secara resmi di wilayah provinsi Jambi. Berdasarkan data-data yang telah kita lihat dengan banyaknya daerah operasional penambangan yang dilakukan oleh perusahaan banyak area atau lahan bekas penambangan memiliki potensi lahan dengan ukuran luas yang cukup memadai untuk dilakukan kegiatan usaha pertanian, perkebunan dan peternakan pada daerah yang telah dilakukan proses rehabilitasi dan reklamasi lahan.

Tujuan pengkajian ini adalah mengetahui karakteristik kimia tanah pada lahan reklamasi bekas pertambangan batubara di 2 kabupaten di Provinsi Jambi.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan ini bersifat survey, yang dilaksanakan pada bulan Oktober–November 2015 di Kabupaten Muaro Jambi dan Kabupaten Batanghari. Contoh tanah diambil pada kawasan yang sudah direklamasi oleh perusahaan tambang batubara. Tanah diambil dari 5 titik dalam satu kawasan, kemudian dikomposit untuk dianalisis sifat kimia tanah. Kedalaman contoh tanah yang diambil adalah 0–20 cm (lapisan 1) dan 20–40 cm (lapisan 2). Sifat kimia tanah yang dianalisis meliputi: pH H₂O, N-total, C-organik, Kapasitas Tukar Kation (KTK), P-tersedia, K-tersedia, basa-basa dapat ditukar (Ca, Mg, K, Na) dan kejenuhan basa. Contoh tanah dianalisis di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.

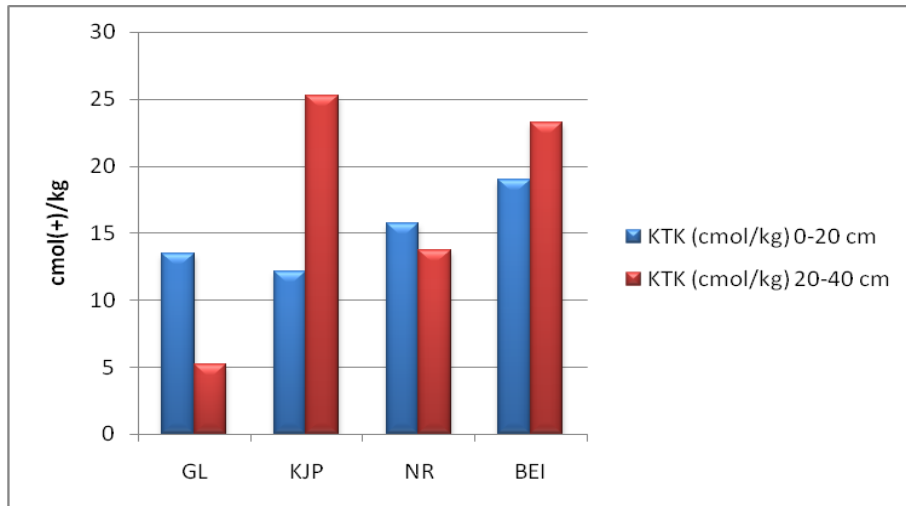
HASIL

Hasil analisis kimia tanah pada lahan reklamasi tambang batubara disajikan dalam Tabel dan Gambar berikut ini. Tabel 1 merupakan hasil analisis kemasaman tanah, P dan K tersedia.

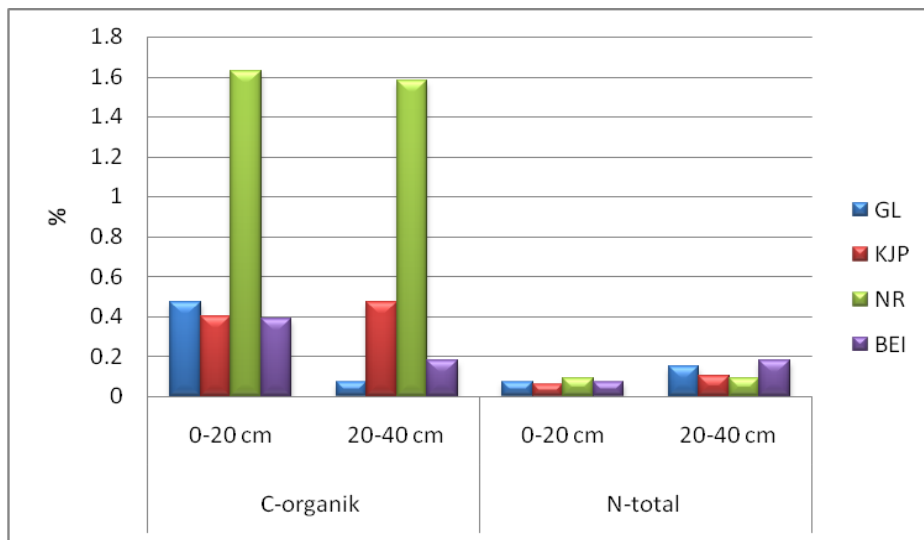
Tabel 1. Kemasaman tanah, P dan K tersedia pada lahan reklamasi tambang batubara

Lokasi	pH tanah		P-tersedia (ppm)		K-tersedia (ppm)	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
GL Ma Jambi	4,7	4,84	7,84	20,34	2919	2649
KJP Ma Jambi	3,57	4,03	9,945	15,04	3653	3965
NR Batanghari	4,75	5,45	59,71	79,46	4158	5261
BEI Batanghari	5,26	5,38	63,84	96,94	2226	2028

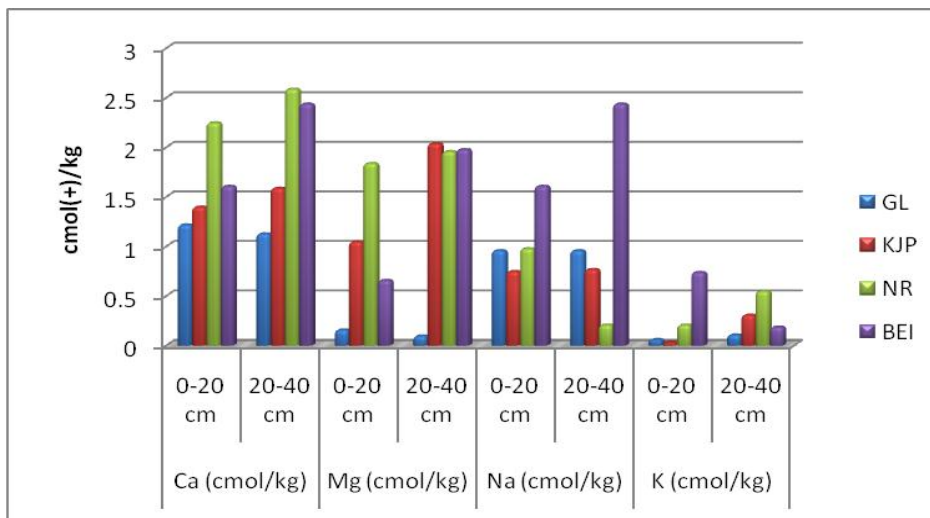
Hasil survey untuk menggambarkan Kapasitas Tukar Kation disajikan pada Gambar 1. Sedangkan untuk hara makro dibagi penyajiannya menjadi Gambar 2 untuk kandungan C-organik dan N-total serta Gambar 3 untuk basa-basa dapat ditukar.



Gambar 1. Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada lahan reklamasi tambang batubara



Gambar 2. Kandungan C-Organik dan N-total pada lahan reklamasi



Gambar 3. Basa-basa dapat ditukar (Ca, Mg, Na dan K) pada lahan reklamasi tambang batubara

PEMBAHASAN

Tinjauan Umum Lokasi Survey

PT Gea Lestari terletak di Desa Tanjung Pauh KM 32 Kecamatan Mestong Kabupaten Muaro Jambi, yang secara geografis terbentang diantara titik koordinat $103^{\circ}28'12,93''$ - $103^{\circ}29'17,00''$ dan $1^{\circ}47'00,00''$ - $1^{\circ}50'08,76''$. Lokasi ini berada di tepi jalan provinsi jalur utama Tempino–Bulian dengan lokasi reklamasi berjarak sekitar 1 km dari jalan utama. Lokasi ini beriklim tropis dengan temperature rata-rata 32°C . Untuk curah hujan berdasarkan BMKG merata sepanjang tahun 192 hari selama setahun atau 16 hari/bulan dengan rata-rata 186 mm/hari. Sebelum dilakukan penambangan, vegetasi yang berada di sekitar PT Gea Lestari terdiri dari dua macam yaitu vegetasi semak belukar dan vegetasi budidaya, diantaranya pinang, karet, durian, petai, jengkol, kabau, terap, terentang, mersawa, keruing, labu dan medang.

Umumnya topografi pada areal bekas penambangan PT Gea Lestari yang telah direklamasi berupa berbukit dengan lereng $>8\%$ kecuali pada areal galian yang ditutup rata-rata datar, berombak dan landai. Sifat-sifat tanah adalah: tanah warna campuran, tidak berstruktur atau pejal (massif), tekstur halus sampai sangat halus dominan liat. Drainase kurang baik dan sering terlihat hambatan air yang menggenang (air tidak mudah meresap ke dalam tanah). Pertumbuhan tanaman akasia pada sebagian area lahan ini mengalami pertumbuhan yang kurang baik

PT Krista Jaya Perkasa memiliki luas izin operasional 1000 ha yang terletak di RT. 16 Desa Kebon IX Kecamatan Sungai Gelam Kabupaten Muaro Jambi. Umumnya topografi pada areal bekas penambangan perusahaan ini adalah datar, landai dan berombak. Sifat-sifat tanah adalah: tanah warna campuran, tidak berstruktur atau pejal (massif), tekstur halus sampai sangat halus dominan liat. Perusahaan ini telah melakukan revegetasi dengan penanaman sengon. Pertumbuhan tanaman sengon bervariasi, pada sebagian area lahan ini mengalami pertumbuhan yang kurang baik akan tetapi ada juga yang tumbuh dengan baik

PT Nan Riang terletak di Desa Ampelu, Kecamatan Muara Tembesi, Kabupaten Batanghari. Topografi wilayah adalah berupa dataran dan perbukitan. Sebagian besar merupakan kebun karet dan semak belukar yang ditemukan pada morfologi perbukitan, sedangkan pada daerah rendah yang merupakan dataran umumnya ditempati rawa-rawa dan tumbuhan ilalang. Secara geografis sebelah selatan merupakan dataran rawa, sebelah utara daerah kebun karet dan sebelah timur merupakan pemukiman penduduk sekitar. Sifat-sifat tanah adalah: tanah warna campuran, tidak berstruktur atau pejal (massif), tekstur halus sampai sangat halus dominan liat. Perusahaan ini telah melakukan revegetasi dengan penanaman jambu biji, jabon, rambutan, dan kelapa sawit

Wilayah Tambang PT Bangun Energi Indonesia terletak di desa kotoboyo kecamatan batin XXIV dan Kecamatan Mersam Kabupaten Batanghari Umumnya topografi pada areal bekas penambangan perusahaan ini datar, landai dan berombak. Sifat-sifat tanah adalah: tanah warna campuran, tidak berstruktur atau pejal (massif), tekstur halus sampai sangat halus dominan liat.

Sifat Kimia Tanah Lahan Reklamasi

Penambangan batubara mengakibatkan terbentuknya lubang yang sangat besar dan dalam berkisar 20–100 meter dan juga terdapat tumpukan-tumpukan tanah dengan kemiringan tertentu. Lubang yang dalam juga lereng yang miring itu merupakan perubahan bentang alam yang terjadi dan areal ini harus direklamasi. Reklamasi atau back filling merupakan penimbunan kembali perubahan bentang alam tersebut sehingga menjadi posisi seperti awal sebelum terjadinya penambangan. Reklamasi ini menggunakan bahan-bahan yang sudah digali pada saat pertama penggalian dan ditimbun secara acak dengan

menggunakan alat berat. Menurut Tala'ohu dan Irawan (2...), bahan timbunan tersebut pada posisi asalnya tidak membahayakan lingkungan, akan tetapi setelah dibongkar dan diangkut keluar dan teroksidasi sehingga membentuk kesetimbangan baru. Misalnya tersingkapnya lapisan pirit, munculnya gara-garam yang dapat meracuni tanaman dan bahan pencemar lingkungan sehingga tanaman tidak mampu tumbuh baik.

Kemasaman tanah atau pH tanah pada lokasi survey menunjukkan reaksi masam, kecuali pada Kabupaten Muaro Jambi menunjukkan reaksi sangat masam. Pada kisaran pH tanah tersebut, tanaman masih dapat tumbuh dan dapat berkembang lebih baik jika diaplikasikan kapur pertanian dalam pengelolaan lahannya.

Pada Tabel 1, kandungan P-tersedia bervariasi di setiap lokasi dan kategori sangat tinggi. Ketersediaan P akan menurun bila pH tanah lebih rendah dari 5.5 (bappeda.kendalkab.go.id). Hal ini sesuai dengan data bahwa pH tanah di Kabupaten Batanghari lebih tinggi daripada pH tanah Kabupaten Muaro Jambi. Selain itu, perusahaan tambang batubara di Kabupaten Batanghari sudah menerapkan reklamasi dan revegetasi di bekas tambangnya dengan menggunakan teknologi. Oleh karena itu kandungan P tersedia lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya, diduga karena adanya aplikasi pemberian pupuk pada tanaman yang berpengaruh pada tanah sekitarnya. Kandungan K-tersedia pada lahan reklamasi dikategorikan sangat tinggi. K tersedia merupakan K larut dalam tanah dan tersedia bagi tanaman. Kandungan K tergantung dari beberapa aspek tanah dan parameter iklim meliputi jumlah dan jenis mineral liat, kapasitas tukar kation, daya sangga, kelembaban suhu, aerasi dan pH tanah (Havlin *et al.*, 2005 *dalam* bappeda.kendalkab.go.id, 2016). Selain itu, Fairhurs *et al.* (2007) *dalam* bappeda.kendalkab.go.id, 2016) menyatakan bahwa penggenangan dapat meningkatkan konsentrasi K terlarut terutama pada tanah dengan potensi kecil untuk mengikat K. Diduga, drainase yang kurang baik pada lahan reklamasi menyebabkan pernah terjadi penggenangan.

Gambar 1 menunjukkan variasi nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) di lokasi survey, yang berkisar rendah–sangat rendah., kecuali pada Kabupaten Batanghari kapasitas tukar kation tergolong sedang, artinya kemampuan tanah sangat baik untuk menjerap unsur hara dan melepaskannya bagi tanaman. Nilai KTK tanah bervariasi menurut tipe dan jumlah koloid dalam tanah. KTK tanah juga dipengaruhi oleh sifat dan ciri tanah tersebut yaitu: pH tanah, tekstur atau jumlah liat, jenis mineral liat, bahan organik, dan pengapuran/pemupukan (Hakim, 1986 *dalam* Zulkarnain, 2014). Makin tinggi nilai KTK, maka unsure-unsur dalam tanah makin mudah untuk dipertukarkan dalam koloid tanah atau mudah tersedia bagi tanaman. Pada awalnya, lahan tambang batubara ini merupakan jenis tanah Ultisol yang memiliki karakteristik nilai KTK yang rendah. Tanah yang digunakan untuk reklamasi lahan tersebut merupakan tanah awal sehingga tetap memiliki nilai KTK yang tidak tinggi

Kandungan C-organik menunjukkan kandungan bahan organik yang ada di dalam tanah. Kandungan C-organik berkisar sangat rendah sampai sedang (Gambar.2). Kandungan C-organik yang rendah ini wajar karena pada saat penambangan batubara, terjadi pengupasan lapisan tanah atas yang umumnya mengandung bahan organik, dan penempatannya setelah digali umumnya bercampur. Sehingga pada saat back filling seringkali lapisan tanah atas tidak ditempatkan di bagian atas dan bahan organiknya sudah bercampur. Di PT KJP, kandungan C-organik termasuk sedang karena lahan sudah ditumbuhi dengan vegetasi yaitu rerumputan liar.

Kriteria kandungan N-total pada lokasi survey tergolong sangat rendah-rendah (Gambar 2). Hal ini juga terkait dengan jenis tanah pada awal penambangan yaitu Ultisol, yang memiliki kriteria kandungan nitrogen yang rendah. Kandungan N dalam tanah sangat bervariasi tergantung dari pengelolaan dan penggunaan tanah. Umumnya unsur N ditambahkan dari luar untuk meningkatkan kandungan N dalam tanah. Baik di Kabupaten

Muaro Jambi maupun Batanghari, memiliki kandungan N yang rendah, walaupun di Kabupaten Batanghari sudah melakukan revegetasi.

Basa-basa dapat ditukar terdiri dari kandugan Ca, Mg, Na dan K. Pada Gambar 3, kandungan basa-basa ini merupakan gambaran jumlah kation dalam tanah yang dapat dipertukarkan dalam kompleks jerapan. Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah basa-basa dapat ditukar bervariasi dari lokasi dan kedalamannya. Kandungan Ca di semua lokasi kriterianya rendah sedangkan kandungan Mg berkisar sangat rendah sampai tinggi. Kandungan Na cenderung tinggi bahkan tergolong sangat tinggi di Kabupaten Batanghari. Sedangkan kandungan K umumnya rendah tetapi di Kabupaten Batanghari tergolong tinggi. Pada Gambar 3 terlihat bahwa di Kabupaten Batanghari memiliki basa-basa tertukar lebih tinggi daripada Kabupaten Muaro Jambi, diduga karena lokasi ini sudah melaksanakan revegetasi.

Secara umum terlihat bahwa dari hasil analisis tanah dapat disimpulkan bahwa tingkat kesuburan lahan reklamasi di Kabupaten Muaro Jambi dan Batanghari berkisar rendah–sangat rendah. Kriteria ini akan menyebabkan revegetasi akan mengalami hambatan dalam pertumbuhan tanaman dan akan menunjukkan gejala defisiensi (Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Teknologi ameliorasi sangat dibutuhkan untuk meningkatkan kesuburan tanah di sini agar revegetasi dapat berhasil dengan baik. Penambahan bahan organik untuk meningkatkan kandungan C-organik, meningkatkan KTK serta kapasitas memegang air mutlak diperlukan untuk pengembalian kesuburan tanah di areal reklamasi ini. Selain itu pupuk hara makro NPK juga dibutuhkan dengan dosis tinggi terutama bagi tanaman yang berproduksi. Selain itu Ardiyanto (2009) dalam Iskandar (2012). Memperlihatkan bahwa penggunaan senyawa humat sebagai pengganti kompos terlihat nyata memperbaiki performance tanaman penutup tanah

KESIMPULAN

Kriteria kesuburan tanah pada lahan reklamasi tambang batubara muda di Kabupaten Muaro Jambi dan Batangari tergolong rendah–sangat rendah. Kandungan unsur hara makro yaitu N, P dan K semuanya bekisar sangat rendah di lapisan atas dan lapisan bawah kecuali K tersedia. Reaksi tanah masam serta kapasitas tukar kationnya rendah–sangat rendah. Umumnya topografi pada areal bekas penambangan yang telah direklamasi berupa berbukit dengan lereng >8% kecuali pada areal galian yang ditutup rata-rata datar, berombak dan landai. Teknologi ameliorasi sangat dibutuhkan untuk meningkatkan kesuburan tanah di sini agar revegetasi dapat berhasil dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- bappeda.kendalkab.go.id. 2016. Sistem informasi status hara lahan pertanian. bappeda.kendalkab.go.id. *Diakses tanggal 7 Oktober 2016.*
- Hermawan, Bandi. 2011. Peningkatan Kualitas Lahan Bekas Tambang melalui Revegetasi dan Kesesuaiannya sebagai Lahan Pertanian Tanaman Pangan. Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian, Urgensi dan Strategi Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian. Bengkulu.
- Iskandar, Suwardi dan DT Suryaningtyas. 2012. Reklamasi Lahan-lahan Bekas Tambang: beberapa Permasalahan Terkait Sifat-sifat Tanah dan Solusinya. Disampaikan dalam Seminar Nasional Topik Khusus "Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi". Bogor, 29-30 Juni 2012

- Pujawati, ED. 2009. Jenis-jenis Fungi Tanah pada Areal Revegetasi Acacia mangium Willd di Kecamatan Cempaka Banjarbaru. *Jurnal Hutan Tropis Borneo* Volume 10 No. 28, Edisi Desember 2009.
- Pribadi, Agung. 2012. Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara. Program Studi Agroteknologi. Fakultas Pertanian. Universitas Pembangunan Nasional Veteran. Yogyakarta.
- Purnamayani, R., J.Hendri, H.Purnama, Busyra, N.Imdah. 2015. Laporan Akhir Tahun Kajian Teknologi Reklamasi Lahan Pasca Pertambangan Batubara di Provinsi Jambi. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi. Jambi.
- Rosmarkam, A., dan NW Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Penerbit Kanisius. Jakarta.
- Subowo, G. 2011. Penambangan system terbuka ramah lingkungan dan upaya reklamasi pasca tambang untuk memperbaiki kualitas sumberdaya lahan dan hayati tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 5 No. 2, Desember 2011. ISSN 1907-0799
- Tala'ohu, S. dan Irawan. 2016. Reklamasi Lahan Pasca Penambangan Batubara, balitanah.litbang.pertanian.go.id. diakses tanggal 8 Oktober 2016.
- Zulkarnain. 2014. Status Sifat Kimia Tanah pada Lahan Bekas Tambang Batubara yang Telah Direklamasi. *Media Sains* Volume 7 No. 1 April 2014. ISSN 2085-3548