

Penentuan Indikator Kualitas Tanah dari Reklamasi Bekas Tambang

The Determination of Soil Quality Indicators from Ex-Mining Reclamation

Inun Setyani^{1*)}, M. Arief Budihardjo¹, Fuad Muhammad¹

¹Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro

^{*)}Penulis untuk korespondensi: inunsetyani@gmail.com

Sitasi: Setyani I, Budihardjo MA, Muhammad F. 2020. The determination of soil quality indicators from ex-mining reclamation. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8 Tahun 2020*, Palembang 20 Oktober 2020. pp. 530-537. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

Soil plays a role in maintaining and improving environmental quality. As a result of mining activities, the soil quality will decline. There are six key indicators to determine the recommended soil quality, namely soil organic matter content, soil acidity, soil bulk density, available water capacity, soil aggregation and respiration. There is also a need for a policy regarding reclamation as a form of controlling ex-mining land. Reclamation is a soil management activity which includes improving the physical condition of the soil, constructing reservoirs to improve the quality of mine water, and revegetation activities. Reclamation activities must be carried out in an effort to reduce environmental damage and divert the function of ex-mining land into agricultural land. This paper aims to explain the determination of soil quality indicators and the factors that support the success of ex-mining land reclamation. With the success of reclamation carried out on ex-mining land, it is hoped that environmental sustainability and agricultural sustainability can be maintained to support food security.

Keywords: indicators of soil quality, environment, reclamation

ABSTRAK

Tanah berperan dalam menjaga dan meningkatkan kualitas lingkungan. Akibat adanya kegiatan penambangan akan menyebabkan menurunnya kualitas tanah. Terdapat enam indikator kunci untuk menentukan kualitas tanah yang disarankan yaitu kandungan bahan organik tanah, derajat keasaman tanah, berat isi tanah, kapasitas air tersedia, agregasi dan respirasi tanah. Diperlukan juga kebijakan mengenai reklamasi sebagai bentuk pengendalian tanah bekas tambang. Reklamasi adalah kegiatan pengelolaan tanah meliputi perbaikan kondisi fisik tanah, pembuatan waduk untuk perbaikan kualitas air tambang, dan kegiatan revegetasi. Kegiatan reklamasi harus dilakukan sebagai usaha mengurangi kerusakan lingkungan dan mengalihkan fungsi lahan bekas tambang menjadi lahan pertanian. Makalah ini bertujuan untuk menjelaskan tentang penentuan indikator kualitas tanah dan faktor-faktor yang mendukung keberhasilan reklamasi tanah bekas tambang. Dengan keberhasilan reklamasi yang dilakukan di tanah bekas penambangan diharapkan kelestarian lingkungan dan kesinambungan pertanian dapat dipertahankan untuk menunjang ketahanan pangan.

Kata kunci: Indikator kualitas tanah, lingkungan, reklamasi

PENDAHULUAN

Tanah adalah komponen kunci untuk masalah kelestarian lingkungan seperti ketahanan pangan, perubahan iklim dan penurunan keanekaragaman hayati (Adhikari and Hartemink, 2016). Fungsi utama tanah sebagai indikator kualitas tanah antara lain fungsi lingkungan, produksi dan kesehatan (Rachman, 2017). Penambangan yang berlebihan akan merusak lingkungan serta mengurangi ketersediaan lahan untuk pertanian sehingga mengurangi hasil panen (Yu, Mu and Zhang, 2020). Kegiatan pertambangan dapat mengakibatkan perubahan kondisi lingkungan antara lain hilangnya fungsi proteksi terhadap tanah, hilangnya keanekaragaman hayati, terjadinya degradasi DAS, perubahan bentuk lahan dan terlepasnya logam berat yang dapat masuk ke lingkungan perairan (psdg.bgl.esdm.go.id). Reklamasi ialah bagian integral dari penambangan yang memiliki fungsi untuk menghilangkan dampak ekstraksi mineral dan untuk memulihkan area ke kondisi semula baik untuk rekreasi, kehutanan, pengelolaan air maupun pertanian (Šofranko *et al.*, 2020). Pemerintah dalam hal ini juga telah mengambil beberapa kebijakan diantaranya mengeluarkan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batu Bara yang mewajibkan perusahaan pertambangan melaksanakan reklamasi dan kegiatan pasca tambang, Peraturan Pemerintah Nomor 78 tahun 2010 tentang Reklamasi dan Pascatambang, Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.60/Menhut-II/2009 tentang Pedoman Penilaian Keberhasilan Reklamasi Hutan dan Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.4/Menhut-II/2011 tentang Pedoman Reklamasi Hutan. Reklamasi merupakan kegiatan mengelola tanah yang meliputi perbaikan kondisi tanah, pembuatan waduk untuk memperbaiki kualitas air tambang dan dilanjutkan proses revegetasi (Oktorina, 2018). Keberhasilan revegetasi pada lahan bekas tambang dipengaruhi oleh faktor –faktor antara lain aspek penataan lansekap, kesuburan media tanam, serta penanaman dan perawatan tanaman. Secara teknis, usaha reklamasi lahan bekas tambang dimulai dengan kegiatan recountouring dan resloping dari lubang bekas tambang (Iskandar, Suwardi and Suryaningtyas, 2012). Tanggung jawab utama pelaksanaan reklamasi berada pada pemegang izin pertambangan (Suryaningtyas, Dr. Dyah; Sulistjo, 2019). Pelaksanaan reklamasi dilaksanakan pada lahan yang terdampak kegiatan penambangan baik di daerah bekas tambang maupun di luar bekas tambang (Oktorina, 2018). Evaluasi terhadap kualitas tanah akibat penambangan dilakukan untuk mengetahui kondisi tanah saat ini. Hasil evaluasi kualitas tanah dituangkan sebagai indeks kualitas tanah yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan pengelolaan lahan selanjutnya. Makalah ini bertujuan untuk menjelaskan tentang penentuan indikator kualitas tanah dan faktor-faktor yang mendukung keberhasilan reklamasi tanah bekas tambang.

INDIKATOR KUALITAS TANAH

Kualitas tanah adalah kapasitas tanah yang berfungsi mempertahankan produktivitas tanaman, mempertahankan dan menjaga ketersediaan air serta mendukung kegiatan manusia (Juarti, 2016). Menurut Doran dan Parkin (1994), kualitas tanah adalah kemampuan tanah untuk berfungsi dalam berbagai batas ekosistem dalam mendukung produktivitas biologi, mempertahankan kualitas lingkungan dan meningkatkan kesehatan makhluk hidup (Arifin, Zaenal; Susilowati Lolita E; Kusuma, 2013). Berbagai bentuk kerusakan tanah dari pengelolaan yang kurang bijaksana akan berdampak pada menurunnya kualitas tanah. Meskipun telah dilakukan reklamasi pada lahan bekas penambangan, kualitas tanahnya tergolong masih rendah untuk pertumbuhan tanaman dibandingkan sebelum ada kegiatan penambangan (Rachman, 2017). Pada lahan bekas

penambahan, rusaknya struktur tanah berdampak pada menurunnya kemampuan menyimpan dan meresapkan air pada musim hujan sehingga terjadi erosi sedangkan pada musim kemarau tanah menjadi keras dan padat sehingga sulit diolah (Ikbal, Iskandar, 2016). Indikator kualitas tanah adalah sifat, karakteristik, proses fisika, kimia dan biologi yang dapat menggambarkan kondisi tanah (Juarti, 2016). Fungsi ekologi tanah dan indikatornya disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi ekologis tanah dan indikatornya

Fungsi ekologis tanah	Indikator sesuai dengan fungsinya
Fungsi produksi	Tingkat hasil panen dan pendapatan tinggi
Fungsi lingkungan biotik	Tingkat keragaman spesies tinggi didominasi organisme menguntungkan Hasil panen dan pendapatan tinggi, makanan dan rumah berkualitas
Fungsi pengatur iklim	Tingkat cadangan karbon tinggi, tingkat emisi gas rumah kaca lambat
Fungsi hidrologi	Ketersediaan air memadai/mengurangi resiko banjir
Fungsi pengendalian limbah dan polusi	Hasil panen dan pendapatan tinggi, makanan dan rumah berkualitas
Fungsi warisan	
Fungsi penghubung tempat	

Tabel 2. Indikator kunci dalam penilaian kualitas tanah

Indikator yang dipilih	Alasan pemilihan
Bahan organik	Menggambarkan kesuburan tanah, struktur tanah, ketahanan pestisida dan air, dan permodelan
Kedalaman tanah lapisan atas (topsoil)	Memperkirakan volume perakaran untuk produksi dan erosi
Agregasi	Struktur tanah, ketahanan erosi, munculnya benih dan indikator pengelolaan tanah
Tekstur	Retensi serta transportasi air dan bahan kimia, permodelan
Kepadatan tanah (Bobot isi)	Penetrasi akar tanaman, porositas, konversi ke volumetrik
Infiltrasi	Potensi dari limpasan, pencucian dan erosi
pH	Ketersediaan hara, penyerapan dan mobilitas pestisida, permodelan
Konduktivitas listrik	Menggambarkan pertumbuhan tanaman, struktur tanah, infiltrasi air, permodelan
Polutan	Kualitas tumbuhan, kesehatan manusia dan hewan
Respirasi tanah	Aktivitas biologis, perkiraan aktivitas biomassa, permodelan
Adanya N	Ketersediaan tanaman, mineralisasi, permodelan
Adanya N,P, dan K yang dapat di ekstrak	Kemampuan untuk mendukung pertumbuhan tanaman, indikator kualitas lingkungan

Menurut Mausbach dan Seybold (1998), pemilihan indikator berdasar metode MDS (Minimum Data Set) yaitu sedikit mungkin tetapi dapat memenuhi kebutuhan (Martunis, Sufardi and Muyassir, 2016). Perhitungan nilai indeks kualitas tanah menggunakan metode MDS yaitu menetapkan fungsi tanah dengan memilih indikator tanah yang sesuai dengan tingkat lapangan (Arifin, Zaenal; Susilowati Lolita E; Kusuma, 2013). Terdapat tiga tahapan dalam penentuan indeks kualitas tanah yaitu menentukan indikator kunci (minimum data set), menetapkan skor dari masing-masing indikator dan mengintegrasikan semua indikator ke dalam suatu indeks kualitas tanah. Kriteria yang digunakan untuk menentukan indikator kunci (minimum data set) kualitas tanah antara lain: mudah diukur

oleh siapa saja, memiliki hubungan yang baik dengan proses ekosistem, dapat memprediksi nilai parameter tanah lainnya yang sulit diatur, mudah berubah terhadap respon bentuk penggunaan lahan, serta merupakan salah satu parameter dalam sistem database tanah (Rachman, 2017). Berikut disajikan indikator kunci dalam penilaian kualitas tanah.

Indikator kunci kualitas tanah untuk setiap penambangan tidak sama, tetapi disarankan enam indikator yang digunakan yaitu: (Rachman, 2017)

- Kandungan bahan organik
Kandungan organik C merupakan faktor yang sangat penting dan menyumbang sekitar 56% dalam kestabilan agregat (Arshad and Martin, 2002).
- Reaksi tanah (pH)
Tingkat kemasaman (pH) tanah sangat mempengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Pada pH netral yaitu 6 – 7 adalah kondisi optimal dalam hal jumlah dan kesetimbangan unsur hara dalam tanah (Tufaila, 2014).
- Bobot isi (kepadatan) tanah
Bobot isi berkaitan dengan permeabilitas. Semakin tinggi bobot isi maka semakin padat tanah dan semakin rendah permeabilitas tanah (Handayani, 2018).
- Kapasitas air tersedia
Tanah berkualitas tinggi tidak hanya menghasilkan makanan dan serat tetapi juga memainkan peran penting dalam menstabilkan ekosistem alami dan meningkatkan kualitas air dan udara (Liu *et al.*, 2014).
- Agregasi
Agregasi mempengaruhi struktur tanah dan kepekaan terhadap erosi tanah (Rachman, 2017).
- Respirasi tanah
Dapat menggambarkan aktivitas biologis dan biomassa di tanah (Rachman, 2017).

Setelah indikator kunci ditentukan, selanjutnya mentransformasikan nilai dari masing-masing parameter melalui penskoran (scoring) dan pembobotan (weighing). Berikut adalah langkah-langkah perhitungan indeks kualitas tanah menurut Partoyo (2005) dalam (Martunis, Sufardi and Muyassir, 2016) :

- A. Indeks bobot dihitung dengan cara mengalikan bobot fungsi tanah (bobot 1) dengan bobot medium perakaran (bobot 2) dengan bobot kedalaman perakaran (bobot 3).
- B. Skor dihitung dengan membandingkan data pengamatan dari indikator tanah dan fungsi penilaian. Skor berkisar dari 0 untuk kondisi buruk dan 1 untuk kondisi baik. Penetapan skor dapat melalui interpolasi sesuai kisaran yang ditetapkan berdasar harkat atau berdasarkan data yang diperoleh. Fungsi Scoring Linear (FSL) menurut Mastro 2007 adalah:

$$(Y) = (x - x_2) / (x_1 - x_2) \dots\dots\dots (1)$$

$$(Y) = 1 - (x - x_2) / (x_1 - x_2) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana Y adalah skor linear; x adalah nilai sifat-sifat tanah; x_1 adalah nilai batas bawah dan x_2 adalah nilai batas atas.

- C. Indeks Kualitas Tanah dihitung dengan mengalikan indeks bobot dan skor dari indikator menggunakan persamaan indeks kualitas tanah yaitu :

$$IKT = \sum_{i=1}^n W_i \times S_i \dots\dots\dots (3)$$

Dimana IKT adalah Indeks Kualitas Tanah; W_i adalah indeks bobot; S_i adalah skor pada indikator terpilih; n adalah jumlah indikator tanah. Semakin tinggi skor indeks tanah maka semakin baik kualitas tanah (Liu *et al.*, 2014).

Berikut disajikan kriteria kualitas tanah berdasarkan nilai Indeks Kualitas Tanah (IKT) menurut Partoyo (2005) adalah sebagai berikut: (Martunis, Sufardi and Muyassir, 2016)

Tabel 3. Kriteria kualitas tanah berdasarkan nilai IKT

Kelas nilai IKT	Kriteria kualitas tanah
0,80 – 1,00	Sangat baik (SB)
0,60 – 0,79	Baik (B)
0,40 – 0,59	Sedang (S)
0,20 – 0,39	Rendah (R)
0,00 – 0,19	Sangat rendah (SR)

Indeks Kualitas Tanah (IKT) merupakan integrasi dari sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga dapat digunakan untuk menggambarkan tingkatan kualitas tanah yang dievaluasi. Selain dapat digunakan untuk menggambarkan kualitas tanah, dapat juga digunakan sebagai dasar kebijakan pengambilan keputusan terhadap pengelolaan lahan pasca kegiatan penambangan.

REKLAMASI

Reklamasi menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Alam Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2018 tentang Pelaksanaan kaidah pertambangan yang baik dan pengawasan pertambangan mineral dan batubara adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan Usaha Pertambangan untuk menata, memulihkan, dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya. Kegiatan reklamasi diperlukan untuk mengembalikan kondisi lahan mendekati kondisi seperti sebelum adanya kegiatan penambangan. Dampak penambangan terhadap kualitas lingkungan dan kualitas tanah bervariasi tergantung dari jenis mineral yang ditambang, kemampuan lingkungan menghadapi perubahan tersebut, bentuk lahan dan skala penambangan yang dilakukan (Rachman, 2017). Baik penambangan bawah tanah maupun penambangan terbuka membutuhkan reklamasi, tetapi pendekatannya berbeda. Kegiatan reklamasi untuk penambangan bawah tanah biasanya membutuhkan lebih sedikit kebutuhan aktivitas di atas tanah tetapi memerlukan manajemen ekstensif untuk menghindari masalah drainase dan banjir setelah penutupan tambang. Sedangkan reklamasi penambangan terbuka biasanya melibatkan penggantian lapisan penutup yang telah dipindahkan atau diubah posisinya. Reklamasi lahan memiliki tiga tujuan yaitu: (Hayes, 2015)

- a. Mencegah dampak negatif terhadap sumber daya tanah, air, dan udara di dalam dan di dekat area penambangan
- b. Mengembalikan kualitas tanah ke tingkat sebelum ada penambangan
- c. Mempertahankan atau meningkatkan kualitas visual dan fungsional

Prinsip kegiatan reklamasi antara lain : reklamasi harus dianggap sebagai kesatuan utuh dari kegiatan penambangan, dan kegiatan reklamasi harus dilakukan sedini mungkin serta tidak harus menunggu kegiatan penambangan selesai (Oktorina, 2018). Reklamasi secara teknis meliputi pekerjaan seperti pembentukan lahan dengan relokasi bebatuan dan tanah. Selain itu, pekerjaan stabilisasi lereng juga sangat penting untuk menghindari resiko tanah longsor (Šofranko *et al.*, 2020).

Reklamasi lahan bekas tambang merupakan perwujudan manajemen berkelanjutan di sektor pertambangan. Untuk memastikan pengelola tambang melaksanakan reklamasi dengan sungguh-sungguh maka Pemerintah menetapkan kebijakan untuk menyediakan jaminan reklamasi dan jaminan pascatambang. Jaminan digunakan sebagai wujud kesungguhan untuk memulihkan lahan bekas tambang lahan di luar bekas tambang sesuai peruntukkan yang telah disepakati para pemangku kepentingan dalam rangka pembangunan berkelanjutan (Oktorina, 2018).

Penambangan di Indonesia pada umumnya menggunakan cara penambangan terbuka. Penambangan terbuka berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Ekosistem menjadi terganggu karena hilangnya vegetasi, mengubah siklus hidrologi dan kondisi tanah, mengganggu hubungan ekologi fundamental, dan mengurangi keanekaragaman hayati. Penambangan terbuka menyebabkan pencemaran serius pada udara, air dan tanah. Hal tersebut dapat menimbulkan ancaman untuk kesehatan manusia, misalnya penyakit paru kronis, kanker paru-paru dan penyakit ginjal (Wang *et al.*, 2017)

FAKTOR PENDUKUNG KEBERHASILAN REKLAMASI

Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2009 tentang pedoman penilaian keberhasilan reklamasi hutan menjelaskan bahwa kriteria keberhasilan reklamasi hutan adalah adanya kegiatan penataan lahan serta adanya revegetasi (Oktaviani, Malik and Wahid, 2019). Lahan bekas tambang tidak mungkin langsung bisa direvegetasi karena lapisan tanah bagian atasnya tipis sehingga mengandung sedikit bahan organik dan berkurangnya mikroba tanah yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu keberhasilan revegetasi lahan bekas penambangan harus dilakukan dengan memadukan pembenahan tanah, pemilihan jenis dan penerapan teknik (Oktorina, 2018). Keberhasilan revegetasi ditentukan oleh :

1) Aspek penataan lanskap

Reklamasi lahan bekas tambang dimulai dengan penataan lahan yang berhubungan dengan recounturing/regrading/resloping lubang bekas tambang dan pembuatan saluran drainase untuk membentuk wilayah dengan kemiringan yang stabil. Tanaman di sisi lereng umumnya memiliki pertumbuhan yang lebih baik daripada di daerah datar, dikarenakan tanah di daerah datar memiliki tingkat kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan di daerah sisi lereng (Iskandar, Suwardi and Suryaningtyas, 2012). Recounturing dilakukan dengan cara penataan permukaan tanah timbunan kemudian dihamparkan lapisan tanah bagian atas dengan ketebalan ± 50 cm yang telah diberi perlakuan pengapuran dan pemupukan sehingga kesuburan menjadi lebih baik (Budiana, 2017).

2) Kesuburan media tanam

Perbaikan kualitas media tanam khususnya pada lapisan tanah bagian atas dilakukan dengan penambahan bahan amelioran seperti bahan humat dan kompos. Bahan humat adalah bahan yang memiliki potensi memperbaiki kondisi tanah dengan kemampuan berinteraksi dengan ion logam, oksida dan hidroksida termasuk zat pencemar lain. Kompos merupakan bahan yang telah mengalami pelapukan dari kotoran ternak dan sisa tumbuhan (Ikbal, Iskandar, 2016). Aspek kesuburan media tanam dibagi menjadi tiga yaitu : kesuburan fisik, kimia dan biologi. Kesuburan fisik dapat terlihat dari tanahnya yang gembur sehingga memberikan sirkulasi air dan udara yang baik untuk pertumbuhan akar tanaman. Kesuburan kimia berhubungan dengan ketersediaan unsur hara dan tingkat kemasaman tanah yang optimum untuk tanaman. Kesuburan biologi berkaitan dengan aktivitas mikrobiologi tanah (Iskandar, Suwardi and Suryaningtyas, 2012).

3) Penanaman dan perawatan tanaman

Kriteria pemilihan jenis pohon untuk lahan bekas tambang antara lain: jenis lokal pioner, cepat tumbuh dengan biaya murah, menghasilkan serasah yang banyak dan mudah terdekomposisi, sistem perakaran yang baik dan mampu bersimbiosis dan atau berhubungan timbal balik dengan mikroba tertentu, merangsang datangnya vektor pembawa biji serta mudah dan murah dalam perbanyakan, penanaman dan pemeliharaan

(Setyowati, 2017). Beberapa tanaman yang digunakan untuk revegetasi lahan bekas tambang diantaranya:

- a. Pertambangan batu bara, tumbuhan yang sering digunakan adalah sengon.
- b. Pertambangan batu apung, tumbuhan yang sering digunakan adalah jati, mahoni dan trembesi.
- c. Pertambangan tanah liat, tanaman yang digunakan adalah trembesi, nangka, mangga.
- d. Pertambangan timah, tanaman yang sering digunakan adalah pohon karet, akasia, gamal dan sengon.
- e. Pertambangan tembaga, tanaman yang digunakan adalah sengon, akasia dan gamal.

KESIMPULAN

Kualitas tanah pada lahan bekas penambangan merupakan indikator penting keberhasilan upaya reklamasi. Dampak reklamasi penambangan terhadap kualitas tanah dapat diukur menggunakan indikator tanah yang sesuai dan dihitung menggunakan Indeks Kualitas Tanah. Faktor yang mendukung keberhasilan reklamasi atau revegetasi adalah aspek penataan lanskap, kesuburan media tanam serta penanaman dan perawatan tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan penghargaan dan terima kasih kepada Pusbindiklatren Bappenas, Universitas Diponegoro dan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Magelang yang telah mendukung penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari K, Hartemink AE. 2016. Linking soils to ecosystem services — A global review. *Geoderma*. 262:101–111.
- Arifin Zaenal, Susilowati Lolita E, Kusuma BH. 2013. Perubahan indeks kualitas tanah di lahan kering akibat masukan pupuk anorganik- organik:1–17.
- Arshad MA, Martin S. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 88(2):153–160.
- Budiana IGE. 2017. Evaluasi Tingkat Keberhasilan Revegetasi Lahan Bekas Tambang Batubara di PT Kitadin Site Embalut Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifor*. XVI(2):195–208.
- Handayani S. 2018. Karakterisasi dan Klasifikasi Tanah Ultisol di Kecamatan Indrajaya Kabupaten Pidie. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 14(2):52–59.
- Hayes J. 2015. Returning Mined Land to Productivity Through Reclamation. *Cornerstone - The Official Journal of World Coal Industry*. 3(4):1–66.
- Ikbal, Iskandar BSW. 2016. Peningkatan Kualitas Tanah Bekas Tambang Nikel Untuk Media Pertumbuhan Tanaman Humat dan Kompos. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 07(3):153–158.
- Iskandar Suwardi, Suryaningtyas DT. 2012. Reklamasi Lahan-Lahan Bekas Tambang: Beberapa Permasalahan Terkait Sifat-sifat Tanah dan Solusinya. *Seminar Nasional Topik Khusus 'Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi'*: 1–8.
- Juarti. 2016. Analisis Indeks Kualitas Tanah Andisol pada Berbagai Penggunaan Lahan di Desa Sumber Brantas Kota Batu. *Jurnal Pendidikan Geografi*:58–71.
- Liu Z jun *et al*. 2014. Soil Quality Assessment of Acid Sulfate Paddy Soils with Different Productivities in Guangdong Province, China. *Journal of Integrative Agriculture*. 13(1):177–186.

- Martunis L, Sufardi S, Muyassir M. 2016. Analisis Indeks Kualitas Tanah di Lahan Kering Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 12(1):34–40.
- Oktaviani Malik A, Wahid A. 2019. Evaluasi Pertumbuhan Pohon di Lokasi Revegetasi Lahan Pasca Tambang PT Genba Multimineral Desa Molino Kecamatan Petasia Timur Kabupaten Morowali Utara. *Jurnal Warta Rimba*. 7(1):47–51.
- Oktorina S. 2018. Kebijakan Reklamasi Dan Revegetasi Lahan Bekas Tambang (Studi Kasus Tambang Batubara Indonesia). *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*. 4(1):16–20.
- Rachman A dkk .2017. Indikator Kualitas Tanah pada Lahan Bekas Penambangan:1–10.
- Sartohadi, Junun dkk. 2012. *Pengantar Geografi Tanah*. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Pelajar.
- Setyowati RDN dkk. 2017. Studi Pemilihan Tanaman Revegetasi Untuk Keberhasilan Reklamasi Lahan Bekas Tambang. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 3(1):14–20.
- Šofranko M *et al.* 2020. Effect of Reclamation on an Environment Impaired by Mining Activity : A Case Study. *Pol. J. Environ. Stud.* 29(5):3329–3337.
- Suprpto Sabtanta Joko. Tinjauan reklamasi lahan bekas tambang dan aspek konservasi bahan galian. http://psdg.bgl.esdm.go.id/index.php?option=com_content&id=609. [Diakses 1 Oktober 2020]
- Suryaningtyas Dyah, Sulistjo DB. 2019. *Buku Pegangan untuk Praktik Terbaik dalam Reklamasi Tambang Darat Timah Aluvial di Indonesia*. Jakarta:BGR
- Tufaila M. 2014. Karakteristik Tanah dan Evaluasi Lahan untuk Pengembangan Tanaman Padi Sawah di Kecamatan Oheo Kabupaten Konawe Utara. *Jurnal Agriplus*. 24(2):184–194.
- Wang J *et al.* 2017. Mining site reclamation planning based on land suitability analysis and ecosystem services evaluation: A case study in Liaoning Province, China. *Sustainability (Switzerland)*. 9(6):1-19.
- Yu X, Mu C, Zhang D. 2020. Assessment of land reclamation benefits in mining areas using fuzzy comprehensive evaluation. *Sustainability (Switzerland)*.12(5):1–20.