

Evaluasi Reklamasi di Area Pertambangan Batubara PT. PQ, Kecamatan Tanjung Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan

Esthi Kusdarini^{1*}, Eka Rizky Ramadhani², Fairus Atika Redanto Putri³

^{1,2,3} Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

*Koresponden E-mail: esti@itats.ac.id

(Diterima: 9 Februari 2023 | Disetujui: 19 Juli 2023 | Diterbitkan: 31 Juli 2023)

Abstract: Coal mining activities carried out by PT. PQ causes a change in the environmental setting so that its function needs to be restored according to its designation. The return of land function is carried out through reclamation activities. Reclamation activities need to be evaluated in order to continue to make improvements and optimal results. This study assesses the success rate of reclamation carried out by PT. PQ. This study aims to examine and evaluate the reclamation activities carried out by PT. PQ is based on Decree of the Minister of Energy and Mineral Resources Number 1827/30 K/MEM of 2018. The research method used is field observation; analysis of primary and secondary data on land use, revegetation, and maintenance stages; and mathematical calculation of reclamation success rate. Soil quality was tested by testing the pH of H₂O, organic C, and total N. The results showed that the soil in the reclamation area is considered to be acidic, namely the pH of H₂O is 4.5 -5.5; organic C by 1-2%; N total of 0.1 – 0.2%; C/N of 5 – 1 test for pH H₂O, organic C, and N total reclamation success rate of 94.1 or in the good category. The soil in the reclamation area has a pH of 4.3 and a soil organic C content of less than 1%. The main eucalyptus oil plants require soil with a pH of 4.5 -5.5. organic C by 1-2%; N total of 0.1 – 0.2%; C/N of 5 – 1. To complete the reclamation activities, it is necessary to increase the pH of the soil, which is still acidic, namely 4.3 and to increase the organic C content of the soil, which is still low, namely <1%. Findings of acidic soil pH and soil organic C content below the standard needed for the main plant eucalyptus oil are initial information for improving soil conditions in the reclamation area of PT. PQ so that reclamation activities run better.

Keywords: coal; organic C; soil pH; reclamation

PENDAHULUAN

Sektor pertambangan banyak mendukung pembangunan ekonomi, penyediaan lapangan kerja, pembangunan infrastruktur, dan penyediaan bahan baku penting untuk berbagai keperluan industri. Secara garis besar kegiatan penambangan menimbulkan dampak penting dalam bidang ekonomi, lingkungan, dan sosial. Di bidang ekonomi dampaknya cenderung positif, namun di bidang lingkungan dampaknya cenderung dampaknya negatif apabila tidak mengikuti aturan pemerintah, sedangkan di bidang sosial dampaknya bisa campuran positif dan negatif. Beberapa dampak negatif dari kegiatan pertambangan antara lain lahan bekas penambangan menjadi kering dan tandus, hilangnya tutupan vegetasi, kerusakan badan air secara massal, hilangnya keanekaragaman hayati, perubahan tata guna lahan dan kerawanan pangan, meningkatnya kejahatan dan konflik sosial, tingginya biaya hidup, dan polusi udara. Hal ini juga terjadi pada salah satu perusahaan tambang batubara di Indonesia, yaitu PT. PQ.

PT. PQ memiliki total sumber daya batubara sebesar 7,3 miliar ton dan cadangan yang telah

ditambang sebanyak 1,8 miliar ton. Kegiatan penambangan batubara yang dilakukan oleh PT. PQ menggunakan metode tambang terbuka, yaitu menggali terus-menerus untuk mengupas lapisan penutup sampai ditemukan batubara. Kegiatan akan dimulai dari penggalan, pemindahan lapisan penutup, pengupasan lapisan penutup, dan pembongkaran lapisan penutup. Hal ini menimbulkan perubahan rona lingkungan. Kondisi lahan setelah dilakukan penambangan menjadi kering, tandus, dan terjadi perubahan topografi. Untuk mengurangi dampak negatif yang diakibatkan oleh kegiatan penambangan adalah dengan melakukan kegiatan reklamasi. Kegiatan reklamasi adalah kegiatan yang diawali dengan penatagunaan lahan, kemudian dilanjutkan dengan revegetasi atau menanam lahan dengan tanaman utama, tanaman cepat tumbuh, dan tanaman penutup. Setelah lahan ditumbuhi tanaman maka harus dilakukan pemeliharaan sehingga tanaman tumbuh subur (Kusdarini *et al.*, 2022; Putri, 2019). Reklamasi akan memastikan pemanfaatan lahan bekas tambang menjadi produktif dan efisien (Worlanyo & Jiangfeng, 2021).

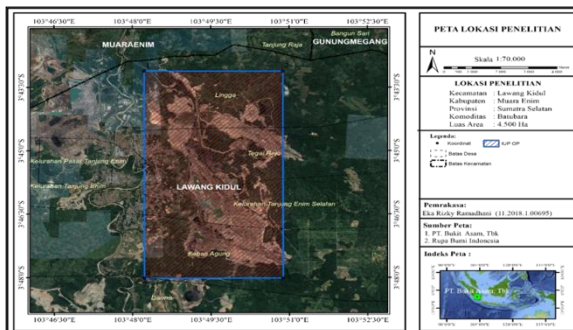
PT. PQ telah melakukan kegiatan reklamasi pada sebagian lahan yang telah selesai ditambang.

Kegiatan reklamasi yang telah dilakukan perlu dievaluasi untuk mengetahui tingkat keberhasilannya. Hal ini untuk menyempurnakan kegiatan reklamasi yang dilakukan sehingga pemulihan fungsi lahan lebih optimal. Kegiatan reklamasi dievaluasi berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 18 Tahun 2008 tentang reklamasi dan penutupan tambang; dan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827/30 K/MEM Tahun 2018 tentang Pedoman Penerapan Peraturan Teknik Pertambangan yang baik. Selanjutnya penelitian terkait mengkaji tingkat keberhasilan reklamasi telah dilakukan oleh beberapa peneliti.

Penelitian tentang tingkat keberhasilan reklamasi PT. Dutadharma Utama, Desa Sumber Jaya, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan menghasilkan nilai 86,9% atau termasuk kategori baik (Mustika *et al.*, 2021). Selanjutnya penelitian tentang tingkat keberhasilan reklamasi PT. Adaro, Kalimantan Selatan menghasilkan nilai 92% atau kategori baik (Sari & Pangkung, 2020). Penelitian tentang tingkat keberhasilan PT. IMK, Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah menghasilkan nilai 93,33% (Indrajaya *et al.*, 2020). Penelitian tentang tingkat keberhasilan reklamasi di beberapa area penambangan menghasilkan nilai yang berbeda-beda menyesuaikan kondisinya masing-masing. Oleh karena itu sangat menarik dan penting untuk mengkaji dan mengevaluasi tingkat keberhasilan reklamasi yang dilaksanakan oleh PT. PQ sehingga kegiatan reklamasi bisa disempurnakan dan hasilnya lebih optimal.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di area pertambangan batubara PT. PQ, Kecamatan Tanjung Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Lahan yang direklamasi seluas 100.460 m². Pengumpulan data primer: 1) pengamatan di lapangan mengenai kegiatan penatagunaan lahan, revegetasi, dan pemeliharaan; 2) hasil analisa pH (uji 7 sampel tanah yang diambil di lokasi penelitian

(sampel I, II, III, IV, V, VI, VII); 3) memberikan evaluasi terhadap setiap obyek kegiatan reklamasi seperti yang tercantum dalam Matrik 16. Kriteria keberhasilan reklamasi tahap operasi produksi, Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 18 Tahun 2018; 4) memberikan hasil penilaian tingkat keberhasilan reklamasi (dalam %) berdasarkan persentase bobot setiap kegiatan pada penatagunaan lahan, revegetasi, dan pemeliharaan berdasarkan Matrik 17. Pedoman penilaian reklamasi tahap operasi produksi; 5) menilai tingkat keberhasilan reklamasi menggunakan persamaan (1), dengan catatan bobot penatagunaan lahan = 60, revegetasi = 20, pemeliharaan = 20 (ESDM, 2018).

$$TN = \left[\frac{TS}{SM} \times \text{Bobot} \right] \quad (1)$$

Dimana

TN = total nilai evaluasi

TS = total skor evaluasi untuk masing-masing

SM = nilai maksimal tiap kerja

N = jumlah kriteria,

6) Memberikan penilaian tingkat keberhasilan reklamasi dengan ketentuan : a) total nilai > 80 = baik (hasil pelaksanaan reklamasi dapat diterima); b) 60-80 = sedang (hasil pelaksanaan reklamasi diterima dengan catatan perlu perbaikan); c) total nilai < 60 = jelek (hasil pelaksanaan reklamasi tidak dapat diterima)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Reklamasi

Pelaksanaan reklamasi yang dilakukan oleh PT. PQ meliputi kegiatan penatagunaan lahan, revegetasi, dan pemeliharaan. Penatagunaan lahan dimulai dari penutupan lahan menggunakan *overburden*, yaitu tanah yang berasal dari lapisan penutup batubara di area pertambangan PT. PQ. Material tersebut terdiri dari *claystone*, *siltstone*, dan *sandstone*. Lahan dibuat berjenjang dengan kemiringan 18,8°, tinggi 6 m, dan lebar 30 m. Pemindahan material dilakukan dengan bantuan alat *excavator* dan *dumptruck*. Lahan yang telah ditata dan timbunan yang telah stabil ditata disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Selanjutnya untuk pengendalian erosi dan sedimentasi dibuat saluran drainase (Gambar 4) dan *wetland* (Gambar 5).

Lahan bekas penambangan yang ditata pada umumnya tidak subur karena tanah humusnya sudah diambil. Oleh karena itu perlu dilakukan pengembalian kesuburan lahan dengan menebarkan tanah pucuk (humus). Setelah tanah dikembalikan kesuburannya maka dilakukan kegiatan revegetasi.



Gambar 2. Lahan yang telah ditata



Gambar 3. Timbunan yang telah stabil



Gambar 4. Saluran drainase



Gambar 5. Wetland

Kegiatan revegetasi pada PT. PQ diawali dengan penanaman tanaman cepat tumbuh (*pioneer*), kemudian dilanjutkan dengan penanaman tanaman penutup (*cover crop*). Tanaman *pioneer* yang ditanam adalah tumbuhan minyak kayu putih (*melaleuca cajuputih*) dengan pola tanam segi empat, jarak tanam 3 m x 3 m. Pemilihan tanaman kayu putih dengan pertimbangan merupakan tanaman ekonomis yang bisa dijadikan bahan baku usaha minyak kayu putih. Sedangkan tanaman *cover crop* yang ditanam adalah jenis kacang-kacangan (*legume cover crop*). Pemilihan tanaman jenis kacang-kacangan berdasarkan pertimbangan merupakan tanaman lokal yang mudah tumbuh. Penanaman *cover crop* dilakukan dengan pola tanam larikan pada lahan lereng (1 m x 1 m dengan jarak antar jalur 1 m sepanjang larikan), pola *spot* pada lahan datar (1 m x 1 m dengan jarak antar jalur 1 m), dan kombinasi keduanya. Tanaman *cover crop* berfungsi untuk mengikat tanah melalui akar-akarnya sehingga area reklamasi tidak terkena erosi oleh air limpasan.

Untuk keberhasilan kegiatan reklamasi maka tanaman *pioneer* maupun *cover crop* perlu dirawat dan dipelihara, yaitu dengan penyiangan, pembersihan gulma, dan pemupukan. Pemupukan dilakukan dengan membuat lubang berbentuk lingkaran di sekeliling tanaman utama dengan kedalaman 30 cm dan mengisi dengan pupuk NPK 16-16-16 dan bokashi. Setelah dilakukan semua tahapan kegiatan reklamasi maka kegiatan ini perlu dinilai dan dievaluasi.

Untuk mengevaluasi kegiatan reklamasi yang dilakukan PT. PQ, maka kegiatan reklamasi ini dinilai tingkat keberhasilannya berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827/30 K/MEM Tahun 2018 (ESDM, 2018).


Penilaian keberhasilan reklamasi tahapan operasi produksi PT. PQ disajikan pada Tabel 1 (ESDM, 2018).

Tabel 1. Penilaian Reklamasi PT. PQ

No	Kegiatan	Standar Penilaian	Nilai
1	Penatagunaan Lahan		
	Luas area yang ditata dari rencana	≥ 90 %	5
		80 - 89%	4
		70 - 79%	3
		60 - 79%	2
		< 60%	1
	Stabilitas timbunan	Tidak ada longsor - terjadi longsor sangat ringan (<5%)	5
		Ada longsor ringan (5 - 10%)	4
		Ada longsor sedang (10 - 15%)	3
		Ada longsor berat	2

Saluran drainase yang dibuat	(15 - 20%)	5	
	≥ 90 %		
	80 - 89%		4
	70 - 79%		3
	60 - 69%		2
Kolam pengendapan sedimen yang dibuat	< 60%	1	
	≥ 90 %	5	
	80 - 89%	4	
	70 - 79%	3	
	60 - 69%	2	
2 Revegetasi Pengelolaan media tanam (top soil)	< 60%	1	
	≥ 90 %	5	
	80 - 89%	4	
	70 - 79%	3	
	60 - 69%	2	
Luas area penebaran zona pengakaran	< 60%	1	
	≥ 90 %	5	
	80 - 89%	4	
	70 - 79%	3	
	60 - 69%	2	
pH tanah	< 60 %	1	
	≥ 7	5	
	6	4	
	5	3	
	4	2	
Luas area penanaman	< 4	1	
	≥ 90 %	5	
	80 - 89%	4	
	70 - 79%	3	
	60 - 69%	2	
Pertumbuhan tanaman	< 60%	1	
	≥ 90 %	5	
	80 - 89%	4	
	70 - 79%	3	
	60 - 69%	2	
3 Pemeliharaan Pemupukan	< 60 %	1	
	≥ 90 %	5	
	80 - 89%	4	
	70 - 79%	3	
	60 - 69%	2	
Pengendalian gulma, hama, dan penyakit	< 60 %	1	
	> 90%	5	
	80 - 89%	4	
	70 - 79%	3	
	60 - 69%	2	

Penyulaman	< 60 %	1
	> 90%	5
	80 - 89%	4
	70 - 79%	3
	60 - 69%	2
	< 60 %	1

 = Nilai pelaksanaan reklamasi di PT. PQ

Tingkat keberhasilan reklamasi yang dilakukan PT. PQ dihitung berdasarkan persamaan (1) dan Tabel 1.

Total nilai penatagunaan lahan,

$$\text{Nilai} = \left[\frac{20}{20} \times 60 \right] = 60$$

Total nilai revegetasi,

$$\text{Nilai} = \left[\frac{21}{25} \times 20 \right] = 16,8$$

Total nilai pemeliharaan,

$$\text{Nilai} = \left[\frac{13}{15} \times 20 \right] = 17,3$$

Total nilai dari kriteria keberhasilan reklamasi sebesar 94,1 atau > 80 maka tingkat keberhasilan reklamasi termasuk baik.

Kegiatan reklamasi yang dilakukan oleh PT. PQ sudah berjalan baik, namun demikian kegiatan ini perlu disempurnakan agar hasilnya lebih optimal. Kegiatan yang masih perlu disempurnakan penanganannya adalah revegetasi (berkaitan dengan pH tanah < 4 dan pertumbuhan tanaman yang kurang optimal) dan pemeliharaan (berkaitan dengan pengendalian gulma, hama, dan penyakit; dan penyulaman yang kurang optimal). Salah satu parameter yang perlu disempurnakan adalah kondisi pH tanah karena nilainya masih 2 atau pH kurang dari 4. pH tanah mempengaruhi kesuburan tanaman. Hasil pengujian pH tanah berdasarkan H₂O dan KCl, C organik, dan N total disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Kualitas Tanah

Sampel	pH		C Organik(%)	N Tot (%)
	H ₂ O	KCl		
I	4,60	3,92	1,15	0,142
II	3,63	4,15	0,79	0,146
III	6,71	3,44	0,93	0,159
IV	3,69	3,16	2,06	0,144
V	4,58	6,34	0,74	0,151
VI	5,21	3,00	2,43	0,153
VII	4,55	3,62	0,61	0,279
Rata-rata	4,71	3,95	1,24	0,168

Hasil pengujian sampel tanah menunjukkan bahwa tanah di area reklamasi mempunyai pH H₂O sebesar 3,63 – 6,71; C organik sebesar 0,61 – 2,43%; dan N-Total sebesar 0,142 – 0,279%. Sifat fisik kimia tanah dengan pH H₂O : 4,5 – 5,5 termasuk rendah (masam); sedangkan pH H₂O : 5,5 – 6,5 termasuk sedang (agak masam). Kandungan C organik tanah

sebesar <1% termasuk sangat rendah; 1% - 2% termasuk rendah dan 2,01% – 3% termasuk sedang. Kandungan N Total sebesar 0,10 – 0,20 termasuk rendah dan 0,21 – 0,50 termasuk sedang. Sampel tanah I, II, IV, V, VI, VII bersifat masam. Sedangkan kandungan C organik sampel tanah II, III, V, VII termasuk sangat rendah; sampel I termasuk rendah; dan sampel IV dan VI termasuk sedang. Selanjutnya kandungan N Total sampel tanah I, II, III, IV, V, VI termasuk rendah dan sampel VII termasuk sedang ((LPT), 1983).

Kandungan C organik sampel II, III, V, dan VII sebesar kurang dari 1% kemungkinan disebabkan pengambilan tanah pucuk dari berbagai horizon tanah alami. Hal ini menyebabkan tanah kurang subur dan pertumbuhan tanaman tidak optimal. Namun di daerah beriklim tropis basah seperti Indonesia yang vegetasinya selalu hijau, kandungan C organik dan N total tanah yang kurang dapat meningkat seiring meningkatnya revegetasi. Peningkatan kandungan C organik dan N total akan berimplikasi pada perubahan sifat kimia dan fisika tanah lainnya (Iskandar *et al.*, 2022)

Selanjutnya sifat kemasaman tanah pada beberapa sampel tanah dengan pH H₂O sebesar 3,63 - 5,5 juga menyebabkan batasan bagi komoditas tanaman yang akan ditanam. Tanaman kayu putih sendiri membutuhkan pH tanah 5,5 – 6 agar tumbuhnya optimal (LPT), 1983). Salah satu cara untuk meningkatkan kemasaman tanah adalah dengan menebarkan kapur (CaO) atau dolomit (CaMg(CO₃)₂) ke tanah. Kebutuhan kapur dapat ditentukan dengan mengetahui selisih pH tanah yang diinginkan dengan pH tanah aktual yang disajikan pada Tabel 3 (Sutanto, 2009).

Tabel 3. Kebutuhan Kapur berdasarkan pH

Selisih Nilai pH	Kebutuhan Kapur (ton/ha)
2	6,83
1,9	6,52
1,8	6,19
1,7	5,88
1,6	5,56
1,5	5,23
1,4	4,93
1,3	4,61
1,2	4,30
1,1	3,99
1	3,66

Hasil analisa uji kualitas tanah di area penelitian menunjukkan bahwa pH dan sifat kimia tanah kurang ideal untuk memulihkan produktivitas tanah bekas kegiatan penambangan (Worlanyo & Jiangfeng, 2021). Meskipun kualitas tanah kurang ideal namun tingkat keberhasilan kegiatan reklamasi pada area penelitian termasuk baik. Hal ini membuktikan bahwa pemulihan fungsi ekologis area pasca tambang secara umum telah berjalan dengan baik meskipun sekitar 20% tanaman gagal tumbuh.

Selain kondisi pH dan C organik yang tidak ideal, sifat biologis tanah juga kurang bagus yang ditandai dengan aktivitas mikrobiologi yang kurang optimal (Uzarowicz *et al.*, 2020). Mikroba tanah yang bermanfaat, seperti cendawan mikoriza dan bakteri penambat nitrogen, dapat meningkatkan perolehan hara tanaman dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stressor. Namun demikian tanah pucuk yang ditambahkan pada lahan yang direklamasi belum tentu menjadi tempat hidup yang bagus bagi mikroba tanah. Masalah ini bisa diatasi dengan penambahan pupuk.

Berkaitan dengan pentingnya peranan tanah pucuk dalam kegiatan reklamasi sesuai dengan penelitian yang dilakukan McMahan *et al.* pada tahun 2022 yang menjelaskan bahwa penambahan volume kecil tanah pucuk yang ditargetkan dari ekosistem asli dapat meningkatkan kelangsungan hidup dan pertumbuhan bibit awal, mendorong pemulihan komunitas mikroba tanah yang terbatas, dan menjadi solusi yang menjanjikan untuk reklamasi tambang ketika ketersediaan tanah pucuk terbatas (McMahan *et al.*, 2022).

Ketersediaan dan kualitas tanah pucuk merupakan salah satu syarat utama dalam keberhasilan reklamasi. Kualitas tanah dipengaruhi oleh kandungan C organik, kalium, kapasitas tukar kation, persentase pasir, karbon biomassa mikroba, aktivitas dehidrogenase dan aktivitas fluorescein diacetate (Bandyopadhyay & Maiti, 2021). Untuk menghasilkan pertumbuhan tanaman yang optimal maka kualitas tanah pucuk perlu dianalisa untuk memperbaiki kondisinya apabila ada yang kurang. Tanda kekurangan nutrisi pada tanah bisa dilihat dari pertumbuhan tanaman revegetasi. Peningkatan kesuburan tanah dan percepatan revegetasi dapat dilakukan dengan penambahan kapur, fosfat alam, dan kompos (Iskandar *et al.*, 2022).

Berkaitan dengan proses revegetasi, Vacek *et al.* pada tahun 2021 menghasilkan temuan bahwa pertumbuhan tanaman di lokasi hutan asli dengan di lokasi reklamasi mengalami perbedaan. Pertumbuhan tanaman di hutan asli tidak terlalu dipengaruhi iklim. Sedangkan pertumbuhan tanaman di area reklamasi lebih dipengaruhi oleh iklim, misalnya kekurangan curah hujan dan kekeringan yang akan menghambat pertumbuhan tanaman (Vacek *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan temuan bahwa reklamasi yang dilaksanakan PT. PQ termasuk dalam kategori berhasil (baik) dengan nilai 94,1; akan tetapi perlu peningkatan pH tanah dan kesuburan tanah serta pengendalian gulma, hama, penyakit dan penyulaman. Peningkatan pH tanah dilakukan dengan penambahan kapur (CaO). Peningkatan kesuburan tanah dilakukan dengan pemupukan NPK dan bokashi. Dosis CaO, dosis dan jenis pupuk bisa

diteliti lebih lanjut untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh PT. PQ yang telah memberikan tempat penelitian, data, dan informasi untuk mendukung keberhasilan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bandyopadhyay, S., & Maiti, S. K. (2021). Application of statistical and machine learning approach for prediction of soil quality index formulated to evaluate trajectory of ecosystem recovery in coal mine degraded land. *Ecological Engineering*, 170. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106351>
- ESDM, K. (2018). Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827/30 K/MEM Tahun 2018 tentang Pedoman Penerapan Peraturan Teknik Pertambangan yang baik.
- Indrajaya, F., L., M. F. T., Fidayanti, N., & Hutajulu, Y. Y. (2020). Penilaian Keberhasilan Reklamasi Pada Pit Serujan Utara PT. IMK Kabupaten Murung Raya. *Promine*, 8(1), 22–27.
- Iskandar, I., Suryaningtyas, D. T., Baskoro, D. P. T., Budi, S. W., Gozali, I., Saridi, S., ... Dultz, S. (2022). The regulatory role of mine soil properties in the growth of revegetation plants in the post-mine landscape of East Kalimantan Author. *Ecological Indicators*, 139. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108877>
- Iskandar, I., Suryaningtyas, D. T., Baskoro, D. P. T., Budi, S. W., Gozali, I., Suryanto, A., ... Dultz, S. (2022). Revegetation as a driver of chemical and physical soil property changes in a post-mining landscape of East Kalimantan: A chronosequence study. *CATENA*, 215. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106355>
- Kusdarini, E., Lay, S. M. B. C., & Putri, R. H. K. (2022). Reklamasi pada bekas lahan penambangan andesit di Dusun Dampol, Pasuruan, Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*.
- McMahan, K., Anglin, C. D. (Lyn), Lavkulich, L. M., Grayston, S. J., & Simard, S. W. (2022). Small-volume additions of forest topsoil improve root symbiont colonization and seedling growth in mine reclamation. *Applied Soil Ecology*, 180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104622>.
- Lembaga Penelitian Tanah. (1983). *Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah*. Bogor: Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Mustika, A. Y., Lukito, H., & Asrifah, R. D. (2021). Evaluasi Keberhasilan Reklamasi Pertambangan Batu Bara di Area Reklamasi Pit 2 PT. Dutadharma Utama, Sumber Jaya, Kintap, Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan*, 54–68.
- Putri, F. A. R. (2019). Rencana penggunaan rumput vetiver dalam reklamasi di pertambangan rakyat Kecamatan Turi, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan Dan Kelautan (SEMITAN)*, 7–14.
- Sari, R., & Pangkung, Y. G. (2020). Penilaian keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang pada blok area Paringin High Wall 2 PT Adaro Indonesia Kalimantan Selatan. *Intan jurnal Penelitian Tambang*, 3(2), 145–153.
- Sutanto, P. (2009). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Konsep dan Kenyataan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Uzarowicz, L., Wolińska, A., Błońska, E., Szafraniek-Nakoniczna, A., Kuźniar, A., Słodczy, Z., & Kwasowski, W. (2020). Technogenic soils (Technosols) developed from mine spoils containing Fe sulphides: Microbiological activity as an indicator of soil development following land reclamation Author links open. *Applied Soil Ecology*, 156. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103699>
- Vacek, Z., Linda, R., Cukor, J., Vacek, S., Šimůnek, V., Gallo, J., & Vančura, K. (2021). Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), the suitable pioneer species for afforestation of reclamation sites? *Forest Ecology and Management*, 485. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118951>
- Worlanyo, A. S., & Jiangfeng, L. (2021). Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: A review. *Journal of Environmental Management*, 279. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111623>