

## Analisis Kualitas Tanah Asam Area Tandus Daerah Reklamasi PT X, Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur

Artha Nevia Eka Putri Andshani<sup>1)</sup>, Aditya Pandu Wicaksono<sup>2)</sup>, Tissia Ayu Algary<sup>3)</sup>, and Ika Wahyuning Widiarti<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4)</sup>Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta/Jurusan Teknik Lingkungan  
JL.SWK 104 Condong Catur, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta

<sup>a)</sup>Corresponding author: aditya.wicaksono@upnyk.ac.id

### ABSTRAK

Kegiatan pertambangan batubara di Indonesia umumnya dilakukan dengan metode tambang terbuka (*open pit mining*). Metode tersebut menimbulkan dampak yang beragam seperti perubahan sumberdaya lahan dan ekosistem hingga pencemaran lingkungan. Kegiatan reklamasi sangat penting untuk memulihkan lingkungan pascatambang supaya berfungsi secara berkelanjutan. Namun, kegiatan reklamasi seringkali mengalami kendala salah satunya yakni rendahnya kualitas tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman reklamasi. Kondisi ini akan berdampak pada persentase keberhasilan reklamasi pascatambang. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kualitas tanah asam di area tandus daerah reklamasi PT X yang kurang mendukung pertumbuhan tanaman reklamasi secara optimal. Metode pengumpulan data dilakukan melalui survei dan pemetaan serta uji laboratorium. Parameter yang digunakan dalam analisis kualitas tanah asam meliputi pH, Fe,  $Al^{3+}$ , dan kejenuhan alumunium. Data hasil uji laboratorium dianalisis menggunakan metode analisis statistik deskriptif dan analisis deskriptif. Daerah penelitian memiliki area tandus sekitar 1,72 ha dengan total area reklamasi 7,7 ha. Tanah asam di area tandus tersebut merupakan tanah hasil proses penghamparan tanah saat kegiatan penataan lahan reklamasi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, menunjukkan bahwa karakteristik tanah asam area tandus di daerah penelitian memiliki karakteristik tanah asam dengan pH 4,53, kadar Fe 11.637,67 ppm,  $Al^{3+}$  3 meq/100 g, kejenuhan alumunium sebesar 57,55 % yang tergolong tinggi. Tingkat keasaman tanah dengan kadar Fe dan kejenuhan alumunium yang tinggi menjadi penyebab banyak tanaman reklamasi yang kering bahkan mati. Dengan demikian, perlu dilakukan pengolahan tanah area tandus tersebut untuk meningkatkan kualitas tanah supaya dapat mendukung pertumbuhan tanaman reklamasi secara optimal.

**Kata Kunci:** Pertambangan; reklamasi; tanah asam; area tandus

### ABSTRACT

*Coal mining activities in Indonesia are generally conducted through open pit mining methods. This method brings various impacts, such as changes in land and ecosystem resources, to environmental pollution. Reclamation activities are crucial to restore post-mining environments to function sustainably. However, reclamation efforts often face challenges, one of which is the poor quality of soil that can hinder the growth of reclamation plants. This condition can affect the success rate of post-mining reclamation. This research aims to analyze the quality of acidic soil in the barren areas of PT X's reclamation zone, which do not adequately support the optimal growth of reclamation plants. Data collection methods include surveys, mapping, and laboratory tests. Parameters used in the analysis of soil quality include pH, Fe,  $Al^{3+}$ , and aluminum saturation. Laboratory test data are analyzed using descriptive statistical analysis and descriptive analysis. The research area consists of approximately 1.72 hectares of barren land within a total reclamation area of 7.7 hectares. The acidic soil in the barren area results from the soil spreading process during reclamation land preparation. Based on the research findings, the acidic soil characteristics in the barren area of the research site exhibit acidic soil properties with a pH of 4.53, Fe content of 11,637.67 ppm,  $Al^{3+}$  of 3 meq/100 g, and aluminum saturation of 57.55%, which is considered high. The soil's acidity level with high Fe and aluminum saturation is a major factor leading to the drying out and even death of many reclamation plants. Therefore, soil treatment in the barren area is necessary to improve soil quality and support the optimal growth of reclamation plants.*

**Keywords:** Mining; reclamation; acid soil; barren areas

## PENDAHULUAN

Kegiatan usaha pertambangan batubara di Indonesia umumnya menggunakan metode tambang terbuka. Kegiatan tersebut dilakukan melalui pembukaan lahan sehingga menimbulkan berbagai dampak lingkungan. Beberapa di antaranya yakni perubahan bentang alam, penurunan tingkat kesuburan tanah, perubahan keanekaragaman hayati, penurunan kualitas udara dan air, serta timbulnya pencemaran lingkungan dari limbah yang dihasilkan selama proses pertambangan (Fitriyanti, 2016). Dengan demikian, diperlukan pengelolaan lingkungan pertambangan yang baik untuk meminimalisir dampak negatif yang mungkin terjadi. Salah satu kegiatan yang wajib dilakukan yakni melaksanakan reklamasi untuk menjaga fungsi lingkungan agar berkelanjutan (Mustika dkk., 2021)

Kegiatan reklamasi merupakan kegiatan yang dilakukan sepanjang tahap pertambangan yang bertujuan untuk memulihkan lahan yang terganggu sehingga dapat menghasilkan nilai tambah dan berdayaguna sesuai peruntukannya (Munir dan Setyowati, 2017). Kegiatan reklamasi ini merupakan kewajiban perusahaan yang tertuang dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara Pasal 96, bahwa pemegang IUP atau IUPK wajib melaksanakan reklamasi dan/atau pascatambang. Namun, pelaksanaan kegiatan reklamasi seringkali mengalami kendala. Salah satu kendala tersebut yakni rendahnya kualitas tanah yang digunakan untuk kegiatan reklamasi yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Rendahnya kesuburan tanah yang dihamparkan di daerah reklamasi tambang dapat diakibatkan oleh aktivitas pertambangan. Salah satunya yakni dengan adanya operasional alat-alat berat dalam kegiatan pertambangan hingga reklamasi yang dapat menyebabkan terjadinya perombakan dan pemadatan tanah (Permana, 2010). Pemadatan tanah akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman karena akan menghambat pertumbuhan akar, membatasi sirkulasi udara, meningkatkan aliran permukaan, dan mengurangi tingkat infiltrasi air ke dalam tanah. Berbeda halnya dari kondisi tanah alami di lingkungan hutan, yang biasanya memiliki tingkat kepadatan yang rendah atau memiliki tekstur yang gembur. Kondisi tanah hutan memberikan ruang yang cukup bagi akar tanaman untuk tumbuh lebih dalam dan berkembang tanpa kendala (Iskandar, 2012). Selain itu, proses penimbunan kembali lubang bekas tambang juga menimbulkan pencampuran bagian *top soil*, *sub soil*, hingga bahan induk tanah. Adanya pencampuran ini menyebabkan tanah pada lahan bekas tambang umumnya memiliki kesuburan yang rendah karena tingkat kualitas fisik, kimia, maupun biologi tanahnya bervariasi (Permana, 2010).

Data Balitbangtan (2015) dalam Munawwarah dan Septyadi (2021) menyatakan bahwa wilayah Kalimantan Timur memiliki lahan kering masam dengan luasan sekitar  $\pm 14.593.691$  ha (89,7%). Curah hujan yang tinggi di Kalimantan Timur mempercepat proses pelapukan dan membentuk jenis tanah podsolik merah-kuning atau dalam United States Department of Agriculture (USDA) termasuk tanah ultisol (Edwin, dkk., 2014). Karakteristik tanah awal yang dihamparkan di daerah penelitian yang berupa daerah reklamasi PT X, Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur berasal dari jenis tanah ultisol. Menurut Sudaryono (2009), sifat kimia tanah tersebut memiliki pH asam dengan tingkat kejenuhan Al yang tinggi. Lalu, selain itu kandungan besi pada tanah tergolong tinggi-sangat tinggi. Kandungan bahan organik dalam tanah juga sangat rendah sehingga mempengaruhi kesuburan tanah.

Kondisi pH dapat menjadi indikator kesuburan kimia tanah karena mempengaruhi ketersediaan unsur hara tanah. Tanah asam yang memiliki pH rendah dapat meningkatkan senyawa toksik dalam larutan tanah (Barchia, 2009). Kusmana, dkk (2013) menjelaskan bahwa kondisi tanah dengan pH rendah cenderung memiliki kelarutan Al dan Fe yang meningkat dan berpotensi toksik bagi tanaman. Bentuk fitotoksik Al dan Fe dapat mengganggu metabolisme sel tanaman sehingga menghambat pertumbuhannya. Peningkatan Al dan Fe juga dapat mengikat unsur fosfat yang mempengaruhi ketersediaan fosfat sebagai unsur hara.

Kondisi lahan di daerah reklamasi PT X, Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur menyisakan area tandus di dalam daerah reklamasi yang telah dilakukan revegetasi. Tanaman di area tandus tersebut secara fisik kering dan mati sehingga diduga terdapat perbedaan

karakteristik tanah dengan tanah yang berada di area yang lebih hijau. Oleh karena itu, analisis karakteristik tanah di area tandus tersebut perlu dilakukan untuk menjadi dasar penyesuaian arahan perbaikan yang tepat untuk mengelola lahan di area tandus tersebut.

## METODE

Penelitian ini dilakukan di daerah reklamasi PT X, Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi penelitian meliputi 7,7 ha daerah reklamasi dengan 1,72 area tandus di dalam daerah reklamasi tersebut. Daerah reklamasi memiliki umur revegetasi 1 tahun 2 bulan terhitung sejak Oktober 2021. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman.

Metode pengumpulan data dilakukan melalui survei dan pemetaan serta uji laboratorium. Survei dan pemetaan dilakukan untuk mengetahui kondisi lahan di daerah reklamasi sehingga dapat diketahui persebaran luas area tandus dan area subur. Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan metode *purposive sampling* pada kedalaman olah tanah 30 cm. Pertimbangan pengambilan didasarkan pada warna tanah yang mendominasi serta pada tanah yang tidak ditumbuhi tanaman. Warna tanah di area yang tandus cenderung coklat kemerahan dan berbeda dengan warna tanah di area subur yang cenderung coklat tua. Kemudian, contoh tanah juga diambil pada tanah yang dapat ditumbuhi tanaman di dalam cakupan daerah penelitian. Hal ini dilakukan untuk analisis tanah yang dapat ditumbuhi tanaman sebagai pembandingan pada tanah yang tandus.

Hasil uji laboratorium terkait parameter pH, Fe,  $Al^{3+}$ , dan kejenuhan aluminium tanah dianalisis dengan metode analisis statistik deskriptif dan analisis deskriptif. Analisis statistik deskriptif dalam penelitian ini dilakukan dengan menyajikan analisis data laboratorium terkait uji laboratorium tanah awal dan akhir pada parameter pH, Fe,  $Al^{3+}$ , dan kejenuhan aluminium dalam bentuk tabel. Lalu, dilakukan deskripsi data penelitian secara sistematis dan mengorelasikannya dengan studi literatur terkait dengan hasil uji laboratorium tanah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah asam di daerah reklamasi PT X, Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur berasal dari jenis tanah ultisol. Secara umum, tanah ultisol memiliki kejenuhan basa rendah, sehingga termasuk dalam tanah asam (West, dkk, 1998). Data hasil uji laboratorium menunjukkan karakteristik kimia dari tanah yang diambil di area tandus yang tidak dapat ditanami oleh tanaman reklamasi di dalam cakupan batas permasalahan. Tanah di area tandus memiliki ciri coklat kemerahan dengan struktur tanah masif tanpa proses pedogenesis alami. Berikut adalah rata-rata hasil uji laboratorium tanah yang tercantum dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Karakteristik Tanah di Area Tandus Daerah Penelitian

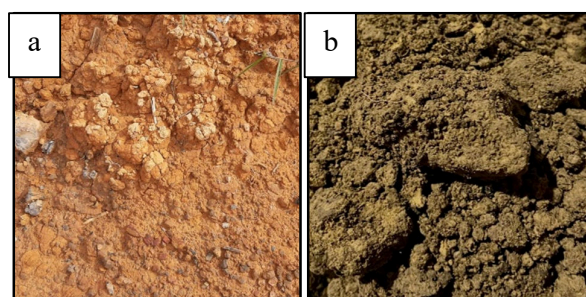
Parameter	Nilai
pH	4,53
Besi (Fe)	11.637,67 ppm
$Al^{3+}$	3 meq/100g
Kejenuhan aluminium	57,55 %
Tekstur tanah	CL ( <i>Clay Loam</i> )

Sifat kimia tanah ultisol memiliki pH rendah dengan kandungan Fe tinggi. Kejenuhan aluminium tanah ultisol juga cenderung tinggi. Hal ini linear dengan data hasil uji laboratorium terkait karakteristik tanah yang dihiperkansikan di daerah reklamasi yang berasal dari jenis tanah ultisol. Nilai pH dan kejenuhan aluminium dievaluasi menggunakan kriteria penilaian sifat-sifat kimia tanah Pusat Penelitian Tanah 1993 dalam Hardjowigeno dan Widiatmaka (2007). Nilai pH tanah yang dihiperkansikan di area tandus menunjukkan nilai 4,53 termasuk dalam pH tanah asam. Besar konsentrasi Fe tersedia dalam tanah mencapai 11.637,67 ppm. Lalu, kejenuhan aluminium sebesar 57,55% yang tergolong tinggi dengan besar konsentrasi  $Al^{3+}$  menunjukkan nilai sebesar 3 meq/100g.

Data uji laboratorium tanah area tandus dengan tanah di area subur menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan terutama pada parameter kadar besi (Fe). Tanah di area tandus memiliki kadar besi (Fe) yang jauh lebih tinggi dibandingkan kadar besi (Fe) di area subur. Tanah di daerah yang lebih subur ini diambil di sekitar area tandus yang memiliki kondisi tanah lebih gembur, berwarna coklat tua, dan ditumbuhi oleh banyak tanaman reklamasi. Berikut adalah rata-rata hasil uji laboratorium tanah yang tercantum dalam **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Karakteristik Tanah di Area Subur Daerah Penelitian

Parameter	Nilai
pH	4,43
Besi (Fe)	6,47 ppm
Al <sup>3+</sup>	2,65 meq/100g
Kejenuhan aluminium	38,42 %
Tekstur tanah	CL ( <i>Clay Loam</i> )



**Gambar 1.** a) Tanah di Area Tandus, b) Tanah di Area Subur  
19 Desember 2022

Data pada **Tabel 2**, jika dikomparasikan dengan kriteria penilaian sifat-sifat kimia tanah Pusat Penelitian Tanah 1993, pH tanah yang menunjukkan nilai 4,43 termasuk dalam pH tanah asam. Lalu, kadar besi (Fe) tanah jauh lebih rendah dibandingkan dengan tanah di area tandus. Terkait kejenuhan aluminium sebesar 38,42 % tergolong tinggi dengan besar konsentrasi Al<sup>3+</sup> menunjukkan nilai sebesar 2,65 meq/100g. Tingkat kejenuhan aluminium yang tinggi dengan pH asam menunjukkan karakteristik tanah di daerah ini masih dapat mendorong pertumbuhan tanaman reklamasi. Hanya saja, kadar besi (Fe) yang ada di area tandus terlalu tinggi jika dibandingkan di area yang subur.

Kadar keasaman tanah mempengaruhi keseimbangan reaksi kimia di dalam tanah dan menjadi indikator ketersediaan unsur hara. pH tanah yang rendah mempengaruhi pemanfaatan unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, serta zat hara lain. Tanah dengan pH rendah dapat menyebabkan peningkatan ketersediaan unsur beracun seperti aluminium, yang juga dapat berpotensi mengikat fosfor sehingga tidak terserap oleh tanaman (Hardjowigeno, 2007 dalam Gunawan, dkk, 2019). Lebih lanjut, Barchia (2009) menjelaskan bahwa pH tanah memiliki dampak signifikan terhadap aktivitas dan pertumbuhan organisme hidup di dalam tanah. Organisme dalam tanah akan mengurangi aktivitasnya saat pH tanah menurun. Salah satunya yakni bakteri Rhizobium yang bersimbiosis dengan tanaman legum dan akan aktif membentuk bintil akar serta melakukan fiksasi N dari udara pada pH yang berkisar 6,5-7.

Selanjutnya, besi (Fe) merupakan salah satu unsur hara mikro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit. Kadar besi yang tinggi dalam tanah dapat memberi dampak negatif untuk kondisi pertumbuhan tanaman dan kesuburan tanah (Kusmana, dkk., 2013). Gejala toksisitas besi (Fe) dapat merusak struktur sel sehingga menghambat pertumbuhan tanaman dan secara fisik terlihat pada terjadinya kerusakan daun. Selain itu, besi yang mengendap dapat menimbulkan plak dan menghambat penyerapan nutrisi karena rusaknya epidermis permukaan akar. Toksisitas besi (Fe) juga dapat menimbulkan kematian tanaman (Saaltink, dkk, 2017). Hal ini didukung oleh kondisi tanaman yang mati dan kering di area

tandus daerah penelitian. Beberapa tanaman reklamasi yang ditemukan di area tersebut adalah tanaman jambu-jambuan (*Syzygium sp*) dan akasia (*Acacia mangium*) seperti dalam **Gambar 1**. Berikut:



**Gambar 2.** a) Tanaman Jambu-Jambuan (*Syzygium sp*), b) Tanaman Akasia (*Acacia mangium*)  
19 Desember 2022

Kejenuhan aluminium dengan konsentrasi ion  $Al^{3+}$  saling terikat satu sama lain. Kejenuhan aluminium dipengaruhi oleh potensi kapasitas tukar kation yang dipenuhi oleh ion  $Al^{3+}$ . Ion  $Al^{3+}$  merupakan ion yang sangat aktif dan menunjukkan besar  $Al_{dd}$  yakni Al yang dapat ditukarkan. Konsentrasi  $Al^{3+}$  menunjukkan jumlah aktual ion aluminium yang terlarut dalam tanah. Pengaruh ion  $Al^{3+}$  dalam tanah ini ditetapkan melalui besar kejenuhan Al (Saputro, dkk, 2018). Dengan demikian, kedua parameter ini berbanding lurus dan saling mempengaruhi. Kejenuhan Al dan konsentrasi ion  $Al^{3+}$  yang tinggi dapat menekan penyerapan unsur hara esensial oleh tanaman, seperti N, P, K (Barchia, 2009). Oleh karena itu, pertumbuhan tanaman tidak akan optimal.

Hasil uji sampel tanah di area tandus maupun area subur juga menunjukkan tekstur tanah CL (*Clay Loam*) atau geluh lempungan. Tanah bertekstur geluh lempungan memiliki tekstur halus yang mampu pecah menjadi gumpalan-gumpalan yang keras ketika kering. Namun, jika dalam kondisi basah dan diberi pijatan maka akan membentuk batang-batang tipis yang sulit untuk pecah dan liat (Wowor, 2013). Berdasarkan karakteristik tersebut, daya ikat air pada tanah geluh lempungan cukup baik. Porositas tanah dengan tekstur geluh lempungan dapat menampung air karena partikel lempung dapat membentuk ruang pori yang saling terkoneksi dan mampu menyimpan air dengan baik. Namun, tingkat permeabilitas tanahnya dapat bervariasi karena bergantung pada pengelolaan tanahnya. Tekstur tanah geluh lempungan yang halus dapat menurunkan daya resap air. Terlebih struktur tanah yang masif memadat karena tidak adanya proses pedogenesis alami dapat menurunkan kemampuan permeabilitas tanahnya. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan kemampuan infiltrasi air sehingga tanah dapat memiliki potensi untuk mencuci senyawa toksik.

Berdasarkan hasil analisis pada data uji laboratorium contoh tanah area tandus di PT X, Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur menunjukkan tanah asam dengan tingkat toksisitas Fe dan Al yang tinggi. Kondisi ini diindikasikan sangat mempengaruhi tingkat produktivitas pertumbuhan tanaman yang digunakan untuk revegetasi lahan reklamasi. Dengan demikian, perlu dilakukan pengolahan untuk meningkatkan kualitas tanah agar lebih banyak tanaman yang dapat beradaptasi dan tumbuh dengan karakteristik tanah yang baik. Hal ini karena tingkat pertumbuhan tanaman akan berdampak pada penilaian tingkat keberhasilan reklamasi lahan pascatambang.

## KESIMPULAN

Karakteristik tanah pada area tandus di daerah reklamasi PT X, Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur menunjukkan kualitas yang rendah terutama pada parameter

kadar besi (Fe). Nilai pH tanah menunjukkan nilai 4,53 termasuk tanah asam. Besar konsentrasi Fe tersedia dalam tanah pun sangat tinggi mencapai 11.637,67 ppm. Lalu, kejenuhan aluminium sebesar 57,55 % tergolong tinggi dengan besar konsentrasi  $Al^{3+}$  menunjukkan nilai sebesar 3 meq/100g. Tanah di area subur juga menunjukkan tanah asam dengan pH lebih rendah sebesar 4,43. Namun, perbedaan kadar besi (Fe) tanah di area subur mengalami selisih yang cukup signifikan jika dibandingkan tanah di area tandus yakni sebesar 6,47 ppm. Terkait kejenuhan aluminium sebesar 38,42 % tergolong tinggi dengan besar konsentrasi  $Al^{3+}$  menunjukkan nilai sebesar 2,65 meq/100g.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta yang sudah memberi dukungan dan fasilitas selama menyelesaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barchia, M. F. (2009). *Agroekosistem Tanah Mineral Masam*. Gadjah Mada University Press.
- Edwin, M., Suptrapti, H., Murtinah, V., & Komara, L. L. (2014). Potensi dan Status Kerusakan Tanah di Kabupaten Kutai Timur. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 7(1), 89–99.
- Fitriyanti, R. (2016). Pertambangan Batubara Dampak Lingkungan, Sosial dan Ekonomi. *Jurnal Redoks Teknik Kimia*, 1(1), 34–40.
- Gunawan, G., Wijayanto, N., & Budi, S. W. (2019). Karakteristik Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburan Tanah pada Agroforestri Tanaman Sayuran Berbasis *Eucalyptus* Sp. *Journal of Tropical Silviculture*, 10(2), 63–69.
- Hardjowigeno, S., & Widiatmaka. (2007). *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan*. Gadjah Mada University Press.
- Iskandar. (2012). Reklamasi dan Pengelolaan Lahan Bekas Tambang. *Reklamasi Dan Pengelolaan Lahan Bekas Tambang Serta Kewajiban Iuran Pertambangan*, 1–9.
- Kusmana, C., Setiadi, Y., & Al-Anshary, M. A. L. (2013). Studi Pertumbuhan Tanaman Hasil Revegetasi di Lahan Pasca Tambang Batubara PT Arutmin Indonesia Site Batulicin Kalimantan Selatan. *Jurnal Silviculture Tropika*, 4(3), 160–165.
- Munawwarah, T., & Septyadi, M. C. (2021). *Peningkatan Produktivitas Lahan Kering Masam*. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BBP2TP).
- Munir, M., & Setyowati, R. D. N. (2017). Kajian Reklamasi Lahan Pasca Tambang di Jambi, Bangka, dan Kalimantan Selatan. *KLOROFIL: Jurnal Ilmu Biologi Dan Terapan*, 1(1), 11–16.
- 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 Satu Bumi*, 3(1), 54–68.
- Permana, R. B. (2010). *Analisis Sifat Fisik, Kimia, dan Biologi Tanah pada Lahan Reklamasi Bekas Tambang Batubara PT Berau Coal Site Binungan, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur*. Institut Pertanian Bogor.
- Saaltink, R. M., Dekker, S. C., Eppinga, M. B., Griffioen, J., & Wassen, M. J. (2017). Plant Specific Effects of Iron Toxicity in Wetlands. *Plant and Soil*, 416(1–2), 83–96.
- Saputro, A., Nusantara, R. W., & Gunawan, J. (2018). Identifikasi Sifat Kimia dan Status Kesuburan Tanah Untuk Tanaman Padi pada Sawah Pasang Surut di Desa Sungai Dungun Kecamatan Sungai Kunyit Kabupaten Mempawah. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 6(1).
- Sudaryono. (2009). Tingkat Kesuburan Tanah Ultisol pada Lahan Pertambangan Batubara Sangatta,

Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 10(3), 337–346.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara

West, L. T., Beinroth, F. H., Sumner, M. E., & Kang, B. T. (1998). *Advance in Agronomy Volume 63*. Academic Press.

Wowor, A. (2013). Pemanfaatan Aplikasi GIS untuk Pemetaan Potensi Pertanian di Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Teknik Informatika*, 2(1).