



**PROFIL VEGETASI LANSEKAP ADAPTIF  
PADA PASCATAMBANG BATUBARA DI INDONESIA**  
*Adaptive Vegetation Landscape Profile on Post-Coal Mining in Indonesia*

**Priyaji Agung Pambudi<sup>1</sup>, Suyud Warno Utomo<sup>2</sup>, Soemarno Witoro Soelarno<sup>3</sup>, Noverita Dian Takarina<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>*Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia*

<sup>5</sup>*Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia  
Jln. Pondok Cina, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424*

*e-mail: priyajiagungpambudi@gmail.com, suyudwarno@gmail.com, s.witoro@bayan.com.sg,  
noverita.dian@sci.ui.ac.id,*

Diterima: 20 November 2022, Direvisi: 09 Desember 2022, Disetujui: 30 Desember 2022

DOI: 10.31849/forestra.v18i1.11939

**Abstract**

*Post-mining land is generally damaged by physical properties related to soil texture and porosity, chemistry associated with low pH levels and nutrient deficits, as well as heavy metal content, low biodiversity, and loss of ecosystem services. It is a challenge for the reclamation process, so various efforts are being made to increase its effectiveness. In general, the effectiveness is only partially assessed because it looks for convenience but does not consider the follow-up impact. This study aims to inventory the types of plants that are commonly found in post-coal mining areas. The study was conducted using a qualitative approach through a literature review and desk study. At least 21 species of trees are the most widely planted for the reclamation process. Among these 21 species, only 14.3 percent are native species, while the other 85.7 percent are alien plants that have the potential to become invasive. Though invasive plants cause environmental damage and disrupt the stability of the bio-ecohydrological system. Therefore, a new approach to mine reclamation is needed for the preservation of the environment and the ongoing environmental services provided to humans and other living things.*

Keywords: *ecosystems, reclamation, coal mining, vegetation*

**Abstrak**

Lahan pascatambang umumnya mengalami gangguan antara lain sifat fisik yang berkaitan dengan tekstur dan porositas tanah, kimiawi yang berkaitan dengan rendahnya pH, defisit unsur hara, kandungan logam berat, rendahnya keanekaragaman hayati, dan hilangnya jasa ekosistem. Hal tersebut menjadi tantangan bagi proses reklamasi, sehingga berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan efektivitasnya. Pada umumnya efektivitas hanya dinilai sebagian sehingga mencari kemudahan tetapi tidak mempertimbangkan dampak lanjutannya. Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi jenis-jenis tumbuhan yang banyak ditemukan di area bekas tambang batubara. Penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan kualitatif melalui studi pustaka dan desk



study. Ditemukan sedikitnya 21 jenis jenis pohon yang paling banyak ditanam untuk proses reklamasi. Di antara 21 jenis tersebut hanya 14,3 persen jenis asli sedangkan 85,7 persen jenis lainnya merupakan tumbuhan asing yang berpotensi menjadi invasif. Pada dasarnya tumbuhan invasif menyebabkan kerusakan lingkungan dan mengganggu kestabilan sistem bioekohidrologi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru pada reklamasi tambang untuk kelestarian lingkungan dan kelangsungan jasa lingkungan yang diberikan kepada manusia dan makhluk hidup lainnya.

Kata kunci: ekosistem, penambangan batubara, rehabilitasi, vegetasi.

## **I. PENDAHULUAN**

Aktivitas pertambangan telah berlangsung sejak ribuan tahun lalu dimulai pada saat manusia mengenal penggunaan logam sekitar tahun 2000 sebelum masehi (Priyono, 2016). Pertambangan tersebar di berbagai belahan dunia dan berperan penting dalam pembangunan peradaban umat manusia. Pertambangan juga menjadi aset ekonomi utama bagi beberapa negara (Azcue, 1999). Pertambangan khususnya mineral dan batubara berkontribusi terhadap pertumbuhan dan pembangunan ekonomi di sebagian besar negara (Mensah et al., 2015).

Di Indonesia, pertambangan batubara paling berkontribusi, nilainya mencapai 6,8% dari total Pendapatan Domestik Bruto (PDB) selama satu dekade terakhir (Arinaldo & Adiatama, 2019). Meskipun cadangan batubara Indonesia bukan yang terbesar di dunia (sekitar 22,6 miliar ton atau 2,2% dari total cadangan batubara dunia) namun relatif tinggi dibandingkan cadangan bahan bakar fosil lainnya (Bappenas, 2019). Produksi batubara Indonesia menempati posisi keenam di dunia dengan total produksi 246 juta ton

dengan volume ekspor batubara berada di posisi kedua sebesar 203 juta ton (Sibirian, 2015). Tingginya produksi batubara menandakan aktivitas tambang dilakukan secara masif.

Aktivitas tambang secara umum berisiko mengganggu lingkungan baik secara ekologis, sosial, maupun ekonomi (Dallas et al., 2020). Dampak negatif diperburuk oleh fenomena masih pertambangan yang terus dilakukan di kawasan hutan (Espejo et al., 2018). Menurut Ardhana (2015) hingga tahun 2010, ditemukan 150 perusahaan tambang yang telah mendapatkan izin dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral untuk membuka tambang di kawasan hutan konservasi dan hutan lindung. Sumber yang sama menyebutkan total luas lahan yang diizinkan untuk kegiatan perusahaan pertambangan tersebut mencapai 11.441.852 ha yang tersebar di seluruh Indonesia (Ardhana, 2015). Pertambangan tidak hanya meningkatkan pertumbuhan ekonomi tetapi juga menimbulkan risiko degradasi lingkungan apabila tidak dilakukan secara baik dan benar.



Mengingat adanya risiko dampak negatif, peran manusia diperlukan terutama pada proses reklamasi untuk memulihkan kondisi ekosistem sesuai peruntukannya dan kondisi sosial sesuai kekhasannya (Pambudi et al., 2022). Pada pemulihan ekosistem manusia berperan memilih jenis tumbuhan untuk reklamasi dan pascatambang, idealnya pemilihan berdasarkan kriteria (1) adaptif, (2) toleran cekaman iklim mikro, (3) jenis asli atau asing non-invasif, (4) memiliki nilai ekologis potensial, dan (5) memiliki nilai ekonomis tinggi. Lima kriteria tersebut dapat dipilih agar dapat memberikan manfaat bagi lingkungan, pendapatan masyarakat, dan menciptakan lapangan kerja (Setyowati et al., 2018).

Lima kriteria tersebut harus dilakukan dengan melibatkan masyarakat lokal sebagai bagian dari reklamasi dan pascatambang agar muncul rasa kepemilikan terhadap kawasan yang sedang dipulihkan ekosistemnya (Beckett & Keeling, 2019). Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini berfokus pada penataan lansekap kawasan reklamasi dengan mengedepankan nilai etnoekologi tumbuhan lokal.

## **II. METODE PENELITIAN**

Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif, pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur. Literatur yang dikaji antara lain artikel ilmiah, jurnal, laporan

pemerintah, dan laporan perusahaan di bidang terkait. Literatur yang dikumpulkan disortir dengan mempertimbangkan ketersediaan dan kesesuaian data sesuai kebutuhan. Literatur yang dipilih memiliki data dan pembahasan mengenai vegetasi di kawasan reklamasi tambang batubara dan tambang mineral lainnya. Secara spesifik proses pencarian dan penyortiran literatur menggunakan kata kunci tumbuhan invasif, vegetasi, reklamasi, revegetasi, dan pascatambang. Seluruh data tumbuhan yang ditemukan pada referensi dikaji secara mendalam untuk klarifikasi akurasi data. Proses ini dilakukan dengan menggunakan website Integrated Taxonomy Information System (ITIS), The Catalogue of Life, dan The Plant List untuk memastikan nama ilmiah terverifikasi, kategori tumbuhan, sebaran alamiah, dan sebaran invasinya.

## **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Vegetasi Pada Kawasan Reklamasi dan Pascatambang**

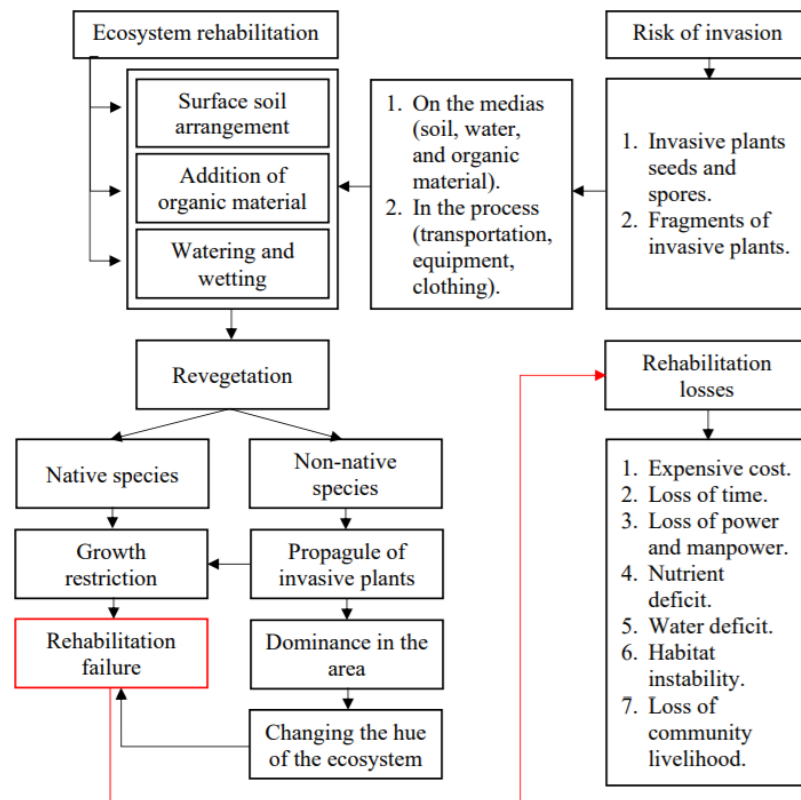
Proses reklamasi yang dilakukan berbasis optimalisasi tutupan lahan berpotensi memfasilitasi masuknya jenis asing dan jenis invasif. Potensi introduksi tumbuhan asing dan invasif dapat difasilitasi oleh penggunaan peralatan, transportasi, dan aktivitas manusia di dalamnya. Kontrol dan pengawasan yang ketat diperlukan pada setiap aktivitas yang berpotensi memfasilitasi introduksi jenis



invasif. Kontrol dan pengawasan harus dilakukan secara ketat karena keberadaan jenis invasif berisiko mengubah kondisi lingkungan, membunuh jenis lokal, dan mempersempit habitat fauna lokal terutama organisme tingkat rendah.

Sesuai yang tertera pada Gambar 1 peneliti menemukan adanya 3 tahapan penting pada proses reklamasi antara lain penataan lansekap, penambahan bahan organik atau nutrisi tanah, penyiraman dan pembasahan. Ketiga tahapan tersebut sangat menentukan keberhasilan reklamasi,

namun terdapat risiko introduksi jenis invasif melalui media dan proses fisik-mekanik. Ketidaktepatan pada proses persiapan lahan berdampak pada revegetasi karena memicu gangguan dan kegagalan pertumbuhan tanaman. Sementara itu, introduksi jenis invasif berisiko tinggi menimbulkan propagul dan mendominasi kawasan sehingga menyebabkan gangguan stabilitas ekosistem. Jika hal tersebut terjadi, kerugian ekonomi, sosial, dan ekologi sangat besar.



**Gambar 1.** Potensi dan Risiko Introduksi Jenis Asing Invasif Pada Proses Reklamasi



Vegetasi yang sering dijumpai pada kawasan pascatambang ialah jenis tumbuhan cepat tumbuh dan memberikan tutupan lahan sangat cepat karena laju pertumbuhan cepat dan kemampuan adaptasi sangat baik (Adman et al., 2012). Laju pertumbuhan yang cepat dan kemampuan adaptasi yang baik sangat diperlukan pada upaya reklamasi karena umumnya lokasi tersebut kondisinya sudah terbuka dan memiliki banyak faktor

pembatas bagi pertumbuhan tanaman dan habitat organisme (Oktavia, 2019). Terkait dengan hal tersebut secara umum jenis-jenis yang banyak dijumpai pada kawasan tambang batubara dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Jenis Tumbuhan yang Umum Ditemukan Pada Kawasan Pascatambang**

No	Jenis	Kategori	Sebaran asli
1	<i>Acacia auriculiformis</i> Benth.	Pohon	Continental US
2	<i>Acacia mangium</i> Willd.	Pohon	Hawaii
3	<i>Albizia saman</i> Jacq. (Merr.)	Pohon	Continental US, Hawaii, Caribbean Territories
4	<i>Breonia chinensis</i> (Lam.) Capuron	Pohon	Caribbean Territories
5	<i>Cananga odorata</i> (Lam.) Hook.f. & Thompson.	Pohon	Caribbean Territories
6	<i>Cestrum aurantiacum</i> Lindl.	Semak	Hawaii
7	<i>Dillenia suffruticosa</i> (Grift.) Martelli	Pohon	India, Nepal, Malaya, Indonesia
8	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Pohon	Caribbean Territories
9	<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume	Pohon	Hawaii, Caribbean Territories
10	<i>Falcataria moluccana</i> (Miq.) Barneby & J.W. Grimes	Pohon	Hawaii
11	<i>Pentandra geunsia</i> (Roxb.) Merr.	Pohon	Indomalaya, Solomon, New Guinea
12	<i>Gironniera nervosa</i> Planch.	Pohon	
13	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Pohon	Sri Lanka, Myanmar, Thailand, Vietnam
14	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Pohon	Continental US, Caribbean Territories, Hawaii
15	<i>Macaranga gigantea</i> (Rcbh.f. & Zoll) Müll.Arg	Pohon	Hawaii
16	<i>Pterocarpus indicus</i> Willd.	Pohon	Caribbean Territories



No	Jenis	Kategori	Sebaran asli
17	<i>Senna Siamea</i> H.S. Irwin & Barneby.	Pohon	Caribbean Territories
18	<i>Shorea pauciflora</i> King	Pohon	Sumatra, Borneo, Malaya
19	<i>Tectona grandis</i> L.f.	Pohon	Caribbean Territories, Hawaii
20	<i>Terminalia cattapa</i> L.	Pohon	Continental US, Caribbean Territories, Hawaii
21	<i>Vitex pinnata</i> L.	Pohon	Indian subcontinent, Myanmar, Thailand, Cambodia, Laos, Vietnam, Malaysia, Indonesia.

Sumber: (Maharani et al., 2010; Rayadin et al., 2010; Adman et al., 2012; Riswan et al., 2015; Budiana et al., 2017)

Tabel 1 menunjukkan bahwa sebagian besar tumbuhan kategori pohon yang dijumpai di kawasan pascatambang merupakan jenis bukan asli Indonesia. Berbagai jenis tersebut berisiko menjadi tumbuhan invasif yang dapat memunculkan propagul, sehingga mengubah bentang alam suatu kawasan (Zulharman, 2017). Pada kondisi yang lebih buruk, keberadaan jenis invasif dapat menghambat laju tumbuh kembang jenis tumbuhan lain atau bahkan membunuhnya (Bradley et al., 2010). Proses tersebut terjadi karena jenis invasif menghasilkan senyawa alelopati atau zat beracun yang diproduksi secara alamiah.

Zat alelopati dapat menghambat dan membunuh tumbuhan lain disekitarnya, sehingga tumbuhan invasif dapat tumbuh dengan cepat dan menyebar luas menguasai suatu kawasan (Smith & Sheley, 2015). Jika suatu daerah telah didominasi tumbuhan invasif, maka jenis organisme lain di lokasi tersebut berpotensi terus

menurun bahkan menuju kepunahan sedangkan tumbuhan invasif populasinya akan meledak (Stubbs et al., 2007). Pada sisi lain, vegetasi dapat menjadi habitat bagi suatu organisme, oleh karenanya keanekaragaman vegetasi pada suatu ekosistem sangat penting guna menjaga stabilitas lingkungan (Vilà et al., 2011). Penanaman suatu jenis tumbuhan asing dan invasif di kawasan pascatambang berpotensi menyebabkan kerusakan yang lebih buruk (Environmental Impact Statement, 2016). Pada dasarnya tutupan lahan memang akan terpenuhi secara optimal, namun secara ekologi kawasan menjadi tidak stabil dan berisiko kehilangan fungsi bioekohidrologi.

Fungsi bioekohidrologi pada suatu kawasan harus dijaga dengan baik demi terwujudnya stabilitas sistem sosial dan ekonomi yang akan melindungi masyarakat sekitar dari berbagai gangguan eksternal (Gouwakinnou et al., 2019; Karuniasa & Pambudi, 2019). Fungsi bioekohidrologi



menjadi hal mutlak yang harus dijaga kelestarian dan kesinambungannya karena jika tidak fungsi-fungsi tertentu hilang dan masyarakat lebih rentan mendapatkan gangguan dari dalam atau luar kawasan, misalnya bencana.

### **Jasa Lingkungan Ideal di Kawasan Reklamasi dan Pascatambang**

Bencana alam yang terjadi pada daerah pascatambang umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia yang tidak mampu menjaga stabilitas lingkungan dan kegagalan dalam upaya

mengembalikan fungsi lingkungan sesuai peruntukannya (Meehan et al., 2019). Kelestarian lingkungan memberikan fungsi jasa lingkungan yang sangat besar dan tidak ternilai harganya. Banyaknya manfaat jasa lingkungan dari kondisi lestari yang seringkali dilupakan (Arunyawat & Shrestha, 2016). Umumnya manusia baru menyadari betapa besar manfaatnya pada saat terjadi kerusakan dan/atau bencana alam. Besaran jasa lingkungan yang diperankan oleh suatu ekosistem dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Jasa Lingkungan**

No	Aspek	Fungsi
1	Nilai budaya	Spiritual dan keagamaan Keindahan Rekreasi dan ekowisata Kesehatan fisik dan mental
2	Pendukung	Struktur tanah Fotosintesis Siklus nutrisi
3	Penyediaan	Makanan Bahan baku Sumber obat-obatan Air bersih
4	Pengaturan	Fenomena alam ekstrim Penyerbukan Hama dan penyakit Permurnian air dan dekomposisi sampah Erosi Air Iklim Kualitas udara

Sumber: (Grooten & Almond, 2018)



Jasa lingkungan yang diberikan ekosistem alam sangat besar bahkan tidak semuanya dapat dinilai dengan parameter ekonomi (Tietenberg et al., 2018). Jasa yang diberikan ekosistem mencakup aspek sangat luas mulai dari kebutuhan dasar yaitu sumber pangan, udara bersih dan sehat serta air bersih hingga kebutuhan pendukung antara lain kenyamanan termal dan estetika (Smith et al., 2015). Tidak hanya itu, ekosistem juga memberikan layanan religi dan nilai-nilai luhur budaya suatu komunitas yang telah terinternalisasi ke dalam sistem kehidupan masyarakat dan berkembang menjadi kearifan lokal (Pambudi, 2021). Oleh karenanya ekosistem harus dikelola secara bijak dan dilestarikan agar dapat memberikan jasa lingkungan bagi seluruh aspek kehidupan, baik manusia maupun organisme lain pada saat ini, esok, dan di masa depan.

Keberlanjutan ekosistem untuk mempertahankan jasa lingkungan agar lestari salah satunya dapat dicapai dengan melaksanakan proses reklamasi dan pascatambang dengan memilih tumbuhan lokal (Ripley et al., 1996). Seperti dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa di Indonesia mayoritas jenis pohon yang terdapat di kawasan reklamasi dan pascatambang ialah jenis asing dan/atau jenis invasif. Hal tersebut menjadi ancaman bagi kelangsungan jasa lingkungan yang diberikan oleh ekosistem karena jenis

tumbuhan asing dan/atau invasif secara ekologis tidak sesuai dengan kondisi tipologi ekosistem setempat, sehingga dapat mengubah kekhasan ekosistem, profil vegetasi dan arsitektur lansekap, dan pada kondisi ekstrim dapat mengubah bentang alam (Ormsby & Brenton-Rule, 2017).

Perubahan lansekap berkontribusi pada hilangnya komponen tertentu yang berimplikasi pada berkurangnya kualitas dan kuantitas jasa lingkungan yang diberikan (Milner-Gulland, 2012). Oleh karena itu, pemilihan jenis tumbuhan untuk reklamasi tambang harus dilakukan secara menyeluruh dengan pertimbangan yang komprehensif demi kelestarian lingkungan dan pelestarian jasa lingkungan secara kontinu.

#### **IV. KESIMPULAN**

Tumbuhan yang ditemukan pada kawasan pascatambang mayoritas jenis non-lokal yang berisiko mengubah lansekap kawasan dan menurunkan layanan jasa lingkungan. Secara umum proses pelaksanaan reklamasi dan pascatambang di Indonesia berisiko memfasilitasi penyebaran jenis non-lokal dan jenis invasif pada 3 tahapan penting yaitu penataan lansekap, penambahan bahan organik atau nutrisi tanah, serta penyiraman dan pembasahan. Diperlukan pendekatan baru dengan





menginternalisasikan prinsip-prinsip dan panduan mitigasi introduksi jenis-jenis invasif sekaligus mengoptimalkan jenis tumbuhan lokal sebagai sumber penghidupan bagi masyarakat dan habitat organisme lain, misalnya melalui hasil hutan bukan kayu.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adman, B., Hendrarto, B., & Sasongko, D. P. (2012). Pemanfaatan Jenis Pohon Lokal Cepat Tumbuh Untuk Pemulihan Lahan Pascatambang Batubara (Studi Kasus Di PT. Singlurus Pratama, Kalimantan Timur). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(1), 19. <https://doi.org/10.14710/jil.10.1.19-25>
- Ardhana, I. P. G. (2015). Kajian Kerusakan Sumberdaya Hutan Akibat Kegiatan Pertambangan. *Ecotrophic: Journal of Environmental Science*, 6(2), 87–93.
- Arinaldo D, Adiatama JC. Summary for Policy Makers: The Dynamics of Indonesian Coal. Indonesia's Coal Dynamics: Towards a Justice Energy Transition. Jakarta: Institute for Essential Services Reform; 2019.
- Arunyawat, S., & Shrestha, R. P. (2016). Assessing land use change and its impact on ecosystem services in northern Thailand. *Sustainability (Switzerland)*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/su8080768>
- Azcue JM. Environmental Impacts of Mining Activities Emphasis on Mitigation and Remedial Measures. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 1999.
- Bappenas. (2019). *Laporan Akhir: Kajian Ketercapaian Target DMO Batubara Sebesar 60% Produksi Nasional pada Tahun 2019*. [https://www.bappenas.go.id/files/5415/0898/5954/Laporan\\_Akhir\\_Kajian\\_DMO\\_Batubara\\_Final.pdf](https://www.bappenas.go.id/files/5415/0898/5954/Laporan_Akhir_Kajian_DMO_Batubara_Final.pdf)
- Beckett, C., & Keeling, A. (2019). Rethinking remediation: mine reclamation, environmental justice, and relations of care. *Local Environment*, 24(3), 216–230. <https://doi.org/10.1080/13549839.2018.1557127>
- Bradley, B. A., Blumenthal, D. M., Wilcove, D. S., & Ziska, L. H. (2010). Predicting plant invasions in an era of global change. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(5), 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.12.003>
- Budiana, I. G. E., Jumani, & Biantary, M. P. (2017). Evaluasi Tingkat Keberhasilan Revegetasi Lahan Bekas Tambang Batubara di PT Kitadin Site Embalut Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Agrifor*, XVI(2), 195–208.
- Dallas, J. A., Raval, S., Gaitan, J. P. A., Saydam, S., & Dempster, A. G.



- (2020). Mining beyond earth for sustainable development: Will humanity benefit from resource extraction in outer space? *Acta Astronautica*, 167(November 2019), 181–188.  
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.11.006>
- Espejo, J. C., Messinger, M., Román-Dañobeytia, F., Ascorra, C., Fernandez, L. E., & Silman, M. (2018). Deforestation and forest degradation due to gold mining in the Peruvian Amazon: A 34-year perspective. *Remote Sensing*, 10(12), 1–17.  
<https://doi.org/10.3390/rs10121903>
- Environmental Impact Statement. Invasive Species Draft Methodology Statement. Dublin: Newmarket Co-Operative Creameries Ltd; 2016.
- Gouwakinnou, G. N., Biaou, S., Vodouhe, F. G., Tovihessi, M. S., Awessou, B. K., & Biaou, H. S. S. (2019). Local perceptions and factors determining ecosystem services identification around two forest reserves in Northern Benin. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15(1), 1–12.  
<https://doi.org/10.1186/s13002-019-0343-y>
- Grooten M, Almond, REA. Living Planet Report - 2018. Gland Switzerland: WWF; 2018.
- Karuniasa, M., & Pambudi, P. A. (2019). Transition of Primary Forest To Secondary Forest and the Impact for Water Resources Conservation. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 2(1), 15–25.  
<https://doi.org/10.7454/jessd.v2i1.34>
- Maharani R, Susilo A, Fernandes A, Suryanto, S, Sugiarto S. Research Status of Post-Coal Mine Reclamation: Revegetation of Post-Coal Mine Land. Samarinda: Balai Besar Penelitian Dipterokarpa; 2010.
- Meehan, F., Tacconi, L., & Budiningsih, K. (2019). Are national commitments to reducing emissions from forests effective? Lessons from Indonesia. *Forest Policy and Economics*, 108(July), 101968.  
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.101968>
- Mensah, A. K., Mahiri, I. O., Owusu, O., Mireku, O. D., Wireko, I., & Kissi, E. A. (2015). Environmental Impacts of Mining: A Study of Mining Communities in Ghana. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 3(3), 81–94.  
<https://doi.org/10.12691/aees-3-3-3>
- Milner-Gulland, E. J. (2012). Interactions between human behaviour and ecological systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1586), 270–



278.  
<https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0175>
- Oktavia, R. (2019). Identifikasi Jenis Tumbuhan dan Kondisi Tanah Revegetasi Lahan Bekas Tambang Batubara. *BIONatural*, 6(1), 67–79.
- Ormsby, M., & Brenton-Rule, E. (2017). A review of global instruments to combat invasive alien species in forestry. *Biological Invasions*, 19(11), 3355–3364.  
<https://doi.org/10.1007/s10530-017-1426-0>
- Pambudi, P. A. (2021). Kearifan Lokal Masyarakat Kabupaten Pacitan, Jawa Timur dalam Menjaga Kelestarian Lingkungan. *Walasuji: Jurnal Sejarah dan Budaya*, 12(2), 217–226.
- Pambudi, P. A., Utomo, S. W., Soelarno, S. W., & Takarina, N. D. (2022). Etika Tanah Aldo Leopold: Telaah Moral Atas Eksploitasi dan Kewajiban Reklamasi Tambang Batu Bara. *Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains*, 3(2), 37–44.
- Prijono, S. (2016). Artefak Perunggu Prasejarah Situs Pasir Angin Bogor: Hubungannya Dengan Aspek Sumber Bahan. *Berkala Arkeologi*, 36(1), 71–82.  
<https://doi.org/10.30883/jba.v36i1.225>
- Rayadin Y, Boer C, Soetedjo SRB, Syoim M, Rochmadi S, Abadi F. Identification and Inventory of Potential Biodiversity in Mining Areas PT. Jembayan Muara Bara. Samarinda: Mulawarman University; 2010.
- Ripley EA, Redmann RE, Croeder AA. Prevention, Reclamation and Rehabilitation. Environmental Effects Mining. Florida: St. Lucie Press; 1996.
- Riswan, R., Harun, U., & Irsan, C. (2015). Flora Diversity at Post-Coal Mining Reclamation in the PT BA South Sumatera. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 22(2), 160.  
<https://doi.org/10.22146/jml.18738>
- Setyowati, R. D. N., Amala, N. A., & Aini, N. N. U. (2018). Studi Pemilihan Tanaman Revegetasi Untuk Keberhasilan Reklamasi Lahan Bekas Tambang. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 14–20.  
<https://doi.org/10.29080/alard.v3i1.256>
- Siburian, R. (2015). “Emas Hitam”: Degradasi Lingkungan dan Pemarginalan Sosial. *Jurnal PKS*, 14(1), 1–19.
- Smith, B. S., & Sheley, R. L. (2015). Implementing Strategic Weed Prevention Programs to Protect Rangeland Ecosystems. *Invasive Plant Science and Management*, 8(2), 233–242.  
<https://doi.org/10.1614/ipism-d-13->



- 00075.1
- Smith, P., Cotrufo, M. F., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P. J., Elliott, J. A., McDowell, R., Griffiths, R. I., Asakawa, S., Bustamante, M., House, J. I., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., West, P. C., Gerber, J. S., Clark, J. M., Adhya, T., Scholes, R. J., & Scholes, M. C. (2015). Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. *Soil*, *1*(2), 665–685. <https://doi.org/10.5194/soil-1-665-2015>
- Stubbs CS, Drummond FA, Ginsberg HS. Effects of invasive plant species on pollinator service and reproduction in native plants at Acadia National Park. Boston: National Park Services U.S Department of the Interior; 2007.
- Tietenberg T, Lewis L, Tietenberg T, Lewis L. Ecosystem Goods and Services. Switzerland: European Commision; 2018.
- Vilà, M., Espinar, J. L., Hejda, M., Hulme, P. E., Jarošík, V., Maron, J. L., Pergl, J., Schaffner, U., Sun, Y., & Pyšek, P. (2011). Ecological impacts of invasive alien plants: A meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*, *14*(7), 702–708. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01628.x>
- Zulharman. (2017). Analisis Vegetasi Tumbuhan Asing Invasif (Invasive Species) pada Kawasan Revitalisasi Hutan , Blok Argowulan , Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *Natural B*, *4*(1), 78–87.