

# Analisis Literatur Teknologi Lingkungan dalam Audit Limbah Tailing dan Keamanan Manusia pada Sektor Pertambangan Indonesia

Amelia Lestari Sinaga<sup>1</sup>, Tanasya Febrianty<sup>2</sup>, Cory Indriani Br Sembiring<sup>3</sup>, Mazmur Pardede, SE., Ak., C.A., M.S.M<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universitas Kristen Indonesia, Jl Mayjen Sutoyo No. 2, Cawang, Jakarta Timur  
e-mail: [2232150021@msuki.ac.id](mailto:2232150021@msuki.ac.id), [mazmur.pardede@uki.ac.id](mailto:mazmur.pardede@uki.ac.id)<sup>4</sup>

## INFORMASI ARTIKEL

Article Timeline:  
Accepted: May 18, 2026  
Final Revision: Juny 01, 2026  
Online published: Juny 04, 2026

### Keywords :

Keyword 1\_ Audit Lingkungan  
Keyword 2\_ Limbah Tailing,  
Keyword 3\_ Keamanan Manusia,  
Keyword 4\_ Pertambangan Indonesia

### Correspondence :

Phone / Hp : +62 8220558356, +62 821-2959-6183  
E-mail : [2232150021@msuki.ac.id](mailto:2232150021@msuki.ac.id),  
[mazmur.pardede@uki.ac.id](mailto:mazmur.pardede@uki.ac.id)

## A B S T R A K

Penelitian ini berfokus pada analisis pertumbuhan literatur tentang audit lingkungan, limbah tailing, dan dampaknya terhadap keselamatan manusia di sektor pertambangan di Indonesia. Kajian ini memakai pendekatan tinjauan literatur naratif kritis yang mencakup 55 artikel ilmiah yang terdaftar di Scopus dan Sinta. Analisis diarahkan pada tema audit lingkungan, pengelolaan tailing, serta dampak sosial dan ekologi bagi masyarakat, dengan menyoroti kasus utama PT Freeport Indonesia dan pertambangan nikel sebagai representasi utama dalam literatur di tingkat nasional. Temuan dari kajian ini mengindikasikan bahwa audit lingkungan dalam sektor pertambangan di Indonesia masih lebih bersifat administratif dan belum sepenuhnya mencerminkan keadaan ekologis yang sebenarnya, yang berakibat pada peningkatan risiko terhadap keamanan manusia. Penelitian ini menekankan pentingnya penguatan manajemen audit lingkungan berdasarkan kinerja untuk mendukung keberlanjutan sektor pertambangan di Indonesia.

## 1. INTRODUCTION

Eksploitasi sumber daya alam dalam skala masif di Indonesia sering kali menempatkan pertumbuhan ekonomi dan kelestarian ekologis dalam posisi yang kontradiktif. Sebagai salah satu entitas pertambangan terbesar, PT Freeport Indonesia (PTFI) yang beroperasi di wilayah Mimika, Papua, menghadapi tantangan serius terkait manajemen limbah. Fokus utama dalam diskursus lingkungan di wilayah ini adalah pengelolaan tailing yang dialirkan melalui sistem sungai menuju area sedimentasi ModADA. Meskipun mekanisme pengawasan seperti audit lingkungan eksternal dilakukan secara periodik untuk mengevaluasi kepatuhan terhadap standar pemerintah namun realitas di lapangan menunjukkan bahwa dampak biofisik dari sedimentasi tersebut memerlukan tinjauan yang lebih mendalam melampaui sekadar kepatuhan administratif.

Dalam perspektif keamanan yang lebih luas, kegagalan dalam memitigasi dampak lingkungan ini bukan lagi dianggap sebagai masalah teknis semata, melainkan sebuah ancaman eksistensial. Isu tailing di Papua menuntut adanya upaya sekuritisasi lingkungan, di mana permasalahan limbah diangkat menjadi prioritas keamanan untuk mencegah eskalasi konflik sosial dan

kerusakan ekosistem yang bersifat permanen (Prakoso et al., 2023). Tanpa adanya pengakuan bahwa degradasi lingkungan darat dan pesisir merupakan ancaman nyata bagi keberlangsungan hidup, solusi yang ditawarkan cenderung bersifat parsial dan gagal menyentuh akar permasalahan di tingkat tapak (Prakoso et al., 2023).

Lebih lanjut, degradasi kualitas lingkungan ini berimplikasi langsung terhadap tatanan keamanan manusia (*human security*). Kebijakan pemerintah dalam menangani dampak operasional PTFI sering kali dinilai belum mampu memberikan perlindungan komprehensif terhadap masyarakat adat di Mimika, terutama terkait hak atas kesehatan dan akses sumber daya ekonomi (Astuti, 2018). Kondisi ini menciptakan kerentanan berlapis bagi penduduk lokal yang menggantungkan hidupnya pada integritas ekosistem hutan dan sungai (Astuti, 2018). Paradigma ini pun menemukan relevansinya pada sektor pertambangan lain, seperti nikel, di mana gangguan operasional dan deforestasi sering kali memicu instabilitas sosio-ekologis bagi komunitas lokal (Tella & Danjibo, 2024).

Oleh karena itu, diperlukan integrasi yang kuat antara tata kelola perusahaan (*corporate governance*) dan pengawasan lingkungan yang ketat. Implementasi tanggung jawab sosial dan tata kelola yang transparan diharapkan mampu mereduksi risiko perusahaan

sekaligus melindungi kepentingan *stakeholder* (Pardede, 2023). Dengan membandingkan dinamika pertambangan tembaga-emas di Papua dan pertambangan nikel di wilayah lain, studi ini bermaksud menganalisis sejauh mana efektivitas audit lingkungan dan kebijakan negara dalam menjamin keamanan manusia di tengah arus industrialisasi ekstraktif (Triyanti et al., 2023).

Gap Penelitian dan Urgensi Kajian: Celah utama yang diidentifikasi dalam kajian ini adalah bahwa audit lingkungan di sektor pertambangan Indonesia masih cenderung bersifat administratif dan terbatas pada formalitas kepatuhan (*compliance-based*), namun belum berbasis pada kinerja keberlanjutan (*performance-based audit*) yang komprehensif (Mwaura, 2019). Hal ini menjelaskan persistensi degradasi lingkungan meskipun perusahaan telah memenuhi audit formal (Zulqarnain et al., 2024). Kajian ini berfokus pada analisis perbandingan antara *compliance-based audit* dengan dampak lingkungan aktual, serta bagaimana dampak socio-ekologis tersebut memicu sekuritisasi lingkungan oleh masyarakat lokal sebagai bentuk perlindungan atas hak-hak dasar mereka.

Penelitian ini bertujuan untuk menggali secara lebih mendalam literatur mengenai audit lingkungan, pengelolaan limbah tailing, dan implikasinya terhadap keamanan manusia (*human security*) guna mengidentifikasi celah riset (*research gaps*) bagi penelitian mendatang. Fokus utama kajian ini diarahkan pada evaluasi efektivitas audit pada sektor pertambangan emas dan nikel di Indonesia. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang tidak mengukur dampak langsung terhadap lingkungan atau komunitas lokal secara kuantitatif lebih fokus pada konsep teoritis.

Perbedaan yang dilakukan oleh peneliti adalah fokus terhadap audit lingkungan, limbah tailing, dan implikasi keamanan manusia.

## 2. LITERATURE REVIEW

### • Environmental Audit in Extractive Industries

Audit lingkungan merupakan instrumen kebijakan yang dirancang untuk memastikan kepatuhan perusahaan terhadap regulasi lingkungan serta memitigasi risiko ekologis akibat aktivitas industri ekstraktif. Dalam perspektif ekonomi lingkungan, audit berfungsi sebagai mekanisme internalisasi eksternalitas negatif yang timbul dari kegiatan pertambangan, seperti degradasi kualitas air, pencemaran tanah, dan hilangnya biodiversitas (Jones, 2020). Namun, literatur mutakhir menunjukkan bahwa efektivitas audit lingkungan sangat bergantung pada orientasi audit itu sendiri, apakah

bersifat kepatuhan administratif (*compliance-based audit*) atau berbasis kinerja lingkungan (*performance-based audit*).

Sejumlah studi menegaskan bahwa audit lingkungan di sektor pertambangan Indonesia masih didominasi oleh pendekatan *compliance-based*, yang menitikberatkan pada verifikasi dokumen formal seperti AMDAL, RKL, dan RPL (Mwaura, 2019; Lily et al., 2022). Pendekatan ini cenderung menghasilkan kepatuhan minimal (*minimal compliance*), di mana perusahaan memenuhi persyaratan hukum tanpa secara substansial mengurangi dampak ekologis di lapangan (Zulqarnain et al., 2024). Akibatnya, meskipun audit formal menunjukkan tingkat kepatuhan yang tinggi, degradasi lingkungan tetap berlanjut secara sistemik.

### • Tailings Management and Socio-Ecological Impact

Pengelolaan tailing merupakan salah satu isu paling krusial dalam industri pertambangan logam, mengingat potensi risiko ekologis dan sosial yang ditimbulkannya. Studi mengenai PT Freeport Indonesia (PTFI) menunjukkan bahwa sistem pembuangan tailing melalui Modified Ajkwa Deposition Area (ModADA) telah menimbulkan perubahan signifikan terhadap ekosistem sungai, lahan basah, dan wilayah pesisir (Prakoso et al., 2023; Santamarina et al., 2020). Dampak tersebut tidak hanya bersifat biofisik, tetapi juga mempengaruhi ketahanan pangan, kesehatan, serta mata pencaharian masyarakat adat di Mimika.

Literatur teknis menunjukkan bahwa pengelolaan tailing sering kali dinilai aman berdasarkan parameter rekayasa geoteknik, namun mengabaikan dimensi sosial-ekologis jangka panjang (Humphreys, 2019; McDermott et al., 2022). Kondisi ini menciptakan kesenjangan antara legalitas teknis dan legitimasi sosial, di mana praktik yang sah secara hukum tetap dipersepsikan merugikan oleh komunitas terdampak. Ketidaksinkronan tersebut memperkuat argumen bahwa audit lingkungan yang berfokus pada kepatuhan prosedural belum mampu menangkap kompleksitas risiko tailing secara holistik.

### • Nickel Mining and Environmental Governance

Selain tembaga dan emas, pertambangan nikel menjadi sektor strategis yang mengalami ekspansi pesat di Indonesia, terutama setelah kebijakan hilirisasi mineral. Peningkatan aktivitas pertambangan nikel telah dikaitkan dengan deforestasi, degradasi lahan, dan konflik pemanfaatan ruang, khususnya di wilayah Sulawesi dan Maluku Utara (Lo et al., 2024; Pattinussa, 2024). Berbeda dengan kasus Freeport yang didominasi isu tailing, dampak utama pertambangan nikel berkaitan

dengan perubahan tutupan hutan dan kualitas perairan pesisir.

Sejumlah studi menunjukkan bahwa tata kelola lingkungan pertambangan nikel menghadapi tantangan serius berupa lemahnya penegakan hukum, inkonsistensi perizinan, dan rendahnya transparansi pelaporan lingkungan (Rompas et al., 2022; Rahmat et al., 2020). Meskipun audit dan evaluasi lingkungan dilakukan, dampak ekologis aktual sering kali tidak tercermin secara memadai dalam laporan audit. Hal ini mempertegas adanya pola kegagalan tata kelola (governance failure) yang serupa dengan kasus pengelolaan tailing di Papua.

- Human Security and Environmental Securitization

Konsep keamanan manusia (human security) menempatkan lingkungan hidup sebagai fondasi utama bagi pemenuhan kebutuhan dasar manusia, termasuk pangan, kesehatan, dan keberlanjutan mata pencaharian. Dalam konteks pertambangan, degradasi lingkungan dipahami sebagai ancaman langsung terhadap keamanan manusia, terutama bagi komunitas lokal yang bergantung pada sumber daya alam (Astuti, 2018; Rachmawati, 2024).

Literatur terbaru mengadopsi pendekatan sekuritisasi lingkungan untuk menjelaskan bagaimana isu degradasi ekologis diangkat menjadi agenda keamanan oleh aktor non-negara, seperti masyarakat adat dan organisasi sipil (Prakoso et al., 2023). Proses sekuritisasi ini muncul ketika mekanisme regulatif dan audit formal gagal memberikan perlindungan yang efektif. Dengan demikian, sekuritisasi lingkungan dapat dipandang sebagai respons terhadap krisis legitimasi tata kelola lingkungan, di mana kepatuhan formal tidak sejalan dengan perlindungan substantif terhadap keamanan manusia.

### 3. METHOD

Penelitian ini menggunakan pendekatan Critical Narrative Review, yaitu metode kualitatif berbasis literatur yang bertujuan untuk mensintesis, menginterpretasikan, dan mengevaluasi temuan penelitian terdahulu secara kritis. Metode ini dipilih karena mampu mengintegrasikan kerangka teoretis dan bukti empiris lintas disiplin, khususnya dalam isu audit lingkungan, pertambangan, dan keamanan manusia.

Data penelitian diperoleh dari artikel ilmiah yang terindeks Scopus (Q1 dan Q2) serta jurnal nasional terakreditasi Sinta 1 dan Sinta 2. Proses penelusuran literatur dilakukan menggunakan kata kunci yang relevan dengan audit lingkungan, tailing, pertambangan

nikel, dan keamanan manusia. Rentang publikasi yang dianalisis adalah 2010–2025.

Dari total 107 artikel yang teridentifikasi, dilakukan seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, meliputi relevansi topik, kualitas jurnal, dan kelengkapan data. Proses seleksi menghasilkan 55 artikel sebagai sampel akhir. Analisis dilakukan dengan memetakan tren publikasi, metode penelitian, fokus pembahasan, serta kesenjangan temuan. Kerangka analisis penelitian ini mengacu pada teori kepatuhan regulatori, teori legitimasi, dan konsep keamanan manusia untuk menilai efektivitas audit lingkungan dalam konteks pertambangan Indonesia.

### 4. RESULT AND DISCUSSION

- Hasil Pemilihan Sampel Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode tinjauan naratif (*narrative review*) untuk menganalisis secara komprehensif perkembangan literatur mengenai audit lingkungan, manajemen tailing, dan keamanan manusia dalam sektor pertambangan di Indonesia. Pendekatan naratif dipilih untuk mensintesis berbagai temuan studi terdahulu serta mengevaluasi diskursus kebijakan yang berkembang secara kualitatif. Data penelitian dikumpulkan melalui penelusuran sistematis pada pangkalan data jurnal ilmiah internasional terindeks Scopus (Quartile 1 dan Quartile 2) serta jurnal nasional terakreditasi Sinta.

Dari total populasi literatur yang teridentifikasi, peneliti melakukan seleksi ketat dengan menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi guna menjamin relevansi data. Berdasarkan kriteria tersebut, sebanyak 65 artikel terpilih sebagai sampel akhir dari total 65 artikel yang ditemukan. Sejumlah artikel dikeluarkan dari tinjauan karena tidak memenuhi parameter kualitas, seperti tidak terindeks pada kuartil yang dipersyaratkan atau memiliki fokus bahasan di luar cakupan dampak sosio-ekologis pertambangan nikel dan studi kasus tailing PT Freeport

Table 1. Pemilihan Sampel Penelitian

No	Kriteria Pemilihan Sampel Penelitian	N	%
1	Artikel pada website jurnal internasional terakreditasi Scopus Q1, Q2 dan Sinta1,2 (2010-2025)	55	55,0
2	Artikel yang redundan atau memiliki data yang sama	0	0,0
3	Artikel dengan data teknis yang tidak lengkap	0	0,0
4	Artikel yang tidak sesuai dengan topik penelitian (Tahun < 2020 atau di luar fokus nikel/tailing)	0	35,0

Source: Data penelitian

Indonesia. Gambar 1 menunjukkan distribusi publikasi dari 65 artikel dari tahun 2012 hingga 2025.

Tabel 2 Audit Lingkungan, Limbah Tailing, dan Keamanan Manusia dalam Pertambangan Indonesia berdasarkan nama jurnal

Tabel 2 Audit Lingkungan, Limbah Tailing, dan Keamanan Manusia dalam Pertambangan Indonesia berdasarkan nama jurnal

No	Nama Jurnal	Tahun Terbit		Total Artikel	Persentase (%)
		2010 - 2019	2020-2025		
1	Journal of Environment and Sustainability	0	3	3	4%
2	Environmental Research Letters	0	1	1	2%
3	Jurnal Ilmu Sosial dan Politik	0	1	1	2%
4	Jurnal Kelautan Nasional	0	1	1	2%
5	Journal of International Relations	1	0	1	2%
6	Journal of Economics Development Issues	0	1	1	2%
7	Jurnal Indonesia Sosial Sains	0	1	1	2%
8	ISHEL (Int. Seminar on Health and Environmental Life)	0	1	1	2%
9	Jurnal Pengelolaan Lingkungan / ITE	0	1	1	2%
10	Int. Journal of Mining and Mineral Engineering	1	3	4	5%
11	Journal of Law and Sustainable Development	0	1	1	2%
12	The International Journal of Human Rights	0	1	1	2%
13	Jurnal Universitas Negeri Jakarta	0	1	1	2%
14	International Journal of Eco-Social Studies	1	0	1	2%
15	Scientific Reports / Nature Portfolio	0	1	1	2%
16	Jurnal Hukum Nasional	0	3	3	4%
17	Environmental Science and Management (JESAM)	3	0	3	4%
18	Journal of Environment	0	1	1	2%
19	Applied Geochemistry (Elsevier)	1	0	1	2%
20	Jurnal Ilmu Sosial/ Politik	0	2	2	3%
21	Jurnal Antropologi (Unand)	0	1	1	2%
22	Global South Review (UGM)	0	1	1	2%
23	Heliyon (Cell Press/Elsevier)	0	1	1	2%
24	Baltic Journal of Economic Studies	0	1	1	2%
25	J. of Legal, Ethical and Regulatory Issues	1	0	1	2%
26	Resources Policy	1	0	1	2%
27	Int. J. of Current Science Research & Review	0	1	1	2%
28	Jurnal Locus	0	1	1	2%
29	Uncertain Supply Chain Management	0	1	1	2%
30	Geotechnique	0	1	1	2%
31	Society (Univ. Bangka Belitung)	0	1	1	2%
32	Edelweiss Applied Science and Technology	0	1	1	2%
33	IJRR (Int. Journal of Research Review)	0	1	1	2%
34	Australian National University (ANU)	0	1	1	2%
35	J. of Geochemical Exploration (Elsevier)	1	0	1	2%
36	Int. J. of Env. Waste Management	0	1	1	2%
37	Pacific Journalism Review	1	0	1	2%
38	Nusantara Bioscience (UNS)	0	1	1	2%
39	CommDes (International Finance Corp)	1	0	1	2%
40	Resources Policy (Elsevier)	0	1	1	2%
41	The Extractive Industries and Society	1	0	1	2%
42	Oxford University Press	0	1	1	2%
43	One Earth (Cell Press)	0	1	1	2%
	Total	13	42	55	100%

Source: Data penelitian

Tabel 2 menunjukkan bahwa *Int. Journal of Mining and Mineral Engineering* merupakan jurnal ilmiah internasional yang paling banyak mempublikasikan artikel tentang Audit Lingkungan, Limbah Tailing, Dan Implikasi Keamanan Manusia: Studi Kasus Pt Freeport Indonesia sebanyak 4 artikel (5%). Jurnal berikutnya yaitu, *Journal of Environment and Sustainability* (4%) dan Jurnal Hukum Indonesia (4%), *Environmental Science and Management (JESAM)* (4%), Jurnal Politik/ Sosial 2 artikel (3%). Untuk jurnal-jurnal yang lain hanya 1 artikel (2%).

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa *Int. Journal of Mining and Mineral Engineering* tahun 2010-2019 sebanyak 1

artikel (2%) dan 2020-2025 sebanyak 3 atikel (3%), jurnal berikutnya yaitu, *Journal of Environment and Sustainability* tahun 2020-2025 ada 3 jurnal (4%) dan Jurnal Hukum Indonesia 2020-2025 ada 3 jurnal (4%), *Environmental Science and Management (JESAM)* 2010-2019 ada 3 jurnal (4%), Jurnal Politik/ Sosial 2 artikel (3%). Untuk jurnal-jurnal yang lain hanya 1 artikel (2%).

Tabel 3 pemetaan metode penelitian Audit Lingkungan, Limbah Tailing, dan Keamanan Manusia dalam Pertambangan Indonesia

Tabel 3 pemetaan metode penelitian Audit Lingkungan, Limbah Tailing, dan Keamanan Manusia dalam Pertambangan Indonesia

Tahun	Kualitatif	Kuantitatif	Campuran	Artikel
2010	1	0	0	1
2011	0	1	0	1
2012	1	1	0	2
2014	1	1	0	2
2015	2	1	0	3
2016	1	0	0	1
2018	2	0	0	2
2019	2	3	0	5
2020	3	2	0	5
2021	2	2	0	4
2022	2	0	0	2
2023	4	2	1	7
2024	6	6	0	12
2025	5	3	0	8
Total	32	22	1	55

Source: Data penelitian

## 5.1 SUGGESTION

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil tinjauan literatur yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa audit lingkungan memiliki peran penting dalam tata kelola kegiatan pertambangan, khususnya dalam pengelolaan limbah tailing dan upaya meminimalkan dampak sosio-ekologis yang berimplikasi pada keamanan manusia. Namun demikian, praktik audit lingkungan di sektor pertambangan Indonesia masih didominasi oleh pendekatan berbasis kepatuhan administratif, sehingga belum sepenuhnya mampu mencerminkan kinerja lingkungan yang sesungguhnya di lapangan.

Literatur yang dikaji menunjukkan bahwa lemahnya implementasi audit lingkungan dan pengelolaan tailing berkontribusi terhadap meningkatnya risiko lingkungan dan sosial, terutama bagi masyarakat yang tinggal di sekitar wilayah pertambangan. Meskipun kerangka regulasi audit lingkungan telah tersedia, efektivitas pelaksanaannya masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan kapasitas institusional, lemahnya penegakan hukum, serta belum

terintegrasinya aspek sosial dan keamanan manusia dalam proses audit. Temuan ini menegaskan adanya kesenjangan antara tujuan normatif audit lingkungan dan praktik implementasinya dalam mendukung keberlanjutan pertambangan di Indonesia.

#### Saran

Berdasarkan kesimpulan tersebut, penelitian ini memberikan beberapa rekomendasi. Pertama, pelaksanaan audit lingkungan di sektor pertambangan perlu diarahkan dari pendekatan berbasis kepatuhan menuju pendekatan berbasis kinerja yang menekankan pada hasil nyata perlindungan lingkungan dan pencegahan risiko. Kedua, indikator keamanan manusia, seperti kesehatan masyarakat, keselamatan lingkungan, dan ketahanan sosial-ekonomi, perlu diintegrasikan secara sistematis dalam kerangka audit lingkungan. Ketiga, penguatan koordinasi antar lembaga terkait serta peningkatan transparansi dalam proses audit lingkungan menjadi langkah penting untuk meningkatkan akuntabilitas dan efektivitas pengawasan, khususnya dalam pengelolaan limbah tailing. Terakhir, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan pendekatan empiris, seperti studi kasus atau metode campuran, guna menilai secara langsung efektivitas audit lingkungan dan dampaknya terhadap keamanan manusia di wilayah pertambangan Indonesia.

#### ACKNOWLEDGEMENT (IF ANY)

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pak Mazmur, SE.,Ak.,C.A.,M.SM sebagai pembimbing akademik, yang telah memberikan dukungan akademik dan masukan selama proses penyusunan artikel ini.

#### Declaration of AI and AI-assisted technologies in the writing process (if author[s] utilize AI)

Selama proses penulisan artikel ini, penulis menggunakan ChatGPT sebagai alat bantu untuk penyuntingan bahasa dan perumusan kalimat. Setelah menggunakan alat tersebut, penulis melakukan peninjauan dan penyuntingan ulang serta bertanggung jawab penuh atas isi artikel.

#### BIBLIOGRAPHY

- Astuti, R. (2018). Keamanan manusia dan degradasi lingkungan di Papua. *Jurnal Ilmu Sosial dan Ilmu Politik*, 22(3), 215–229.
- Karsadi, R., Nugroho, L., & Prasetyo, A. (2023). Corporate legitimacy and sustainability disclosure. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 7(2), 1–17.

- Lo, M., et al. (2024). Nickel mining reduced forest cover in Indonesia but had mixed outcomes for well-being. *One Earth*, 7(4), 563–575.
- McDermott, M., et al. (2022). Catastrophic tailings dam failures and disaster risk reduction. *Scientific Reports*, 12, 14567.
- Mwaura, G. (2019). Environmental auditing and regulatory compliance in extractive industries. *Journal of Environmental Management*, 245, 334–342.
- Owen, J. R., & Kemp, D. (2020). On the brink of social resistance: Social license and mining. *The Extractive Industries and Society*, 7(3), 852–864.
- Prakoso, S. G., et al. (2023). The importance of securitization in addressing environmental issues: Case on Freeport's tailing waste. *Global South Review*, 7(2), 122–133.
- Rahmat, K. A., et al. (2020). Environmental impact assessment of nickel smelter development. *Heliyon*, 6(5), e04051.
- Zulqarnain, M., et al. (2024). Compliance versus performance in environmental auditing. *Environmental Science & Policy*, 152, 103–112.
- Hukum, D. T. (2025). *Pengelolaan Limbah Tailing PT. Freeport Indonesia : Dampak Lingkungan*. 1(3), 167–171.
- Lapian, F. E. P. (2023). *Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Tailing PT. Freeport sebagai Bahan Stabilisasi Tanah pada Lapis Pondasi Jalan*. 30(3), 449–456. <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.3.13>
- Liang, X., Fan Liang, X., Fan, S., Lucy, J., Chen, J., Coleman, J., Li, Y., Qu, Z., Li, H., & Yang, Z. (2025). Quantitative sustainability assessment of freeports: Hybrid model evidence from the UK. *Journal of Cleaner Production*, 487(December 2024), 144521. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144521>
- Muhammad, S., & Arifin, S. (2024). *On the brink of social resistance : local community perceptions of mining company operating permits in East Luwu , Indonesia*. October. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2024.1373736>
- Tella, A. A. (2024). *The Environmental Impact of Mining Activities in the Local Community : A Structural Equation Modelling Approach*. 11(1), 44–53. <https://doi.org/10.5296/ijsw.v11i1.21747>
- Duo, L.H., Hu, Z.Q., Yang, K., et al. (2022). Sediment settlement rate and consolidation time of filling reclamation in coal mining subsidence land. *International Journal of Coal Science & Technology*, 9(3), 15.
- Wang, Z.M., Zhou, W., Jiskani, I.M., Luo, H.T., Ao, Z.C., & Mvula, E.M. (2022). Annual dust pollution characteristics and its prevention and control for environmental protection in surface mines. *Science of the Total Environment*, 852, 153949.
- Li, Y.N., Duo, L.H., Zhang, M., et al. (2022). Habitat quality assessment of mining cities based on InVEST model—a case study of Yanshan County, Jiangxi

- Province. *International Journal of Coal Science & Technology*, 9(1), 28.
- He, T.T., Zhang, M.X., Guo, A.D., Zhai, G., Wu, C.F., & Xiao, W. (2023). *A novel index combining temperature and vegetation conditions for monitoring surface mining disturbance using Landsat time series*. *CATENA*, 229, 107235.
- Trechera, P., Moreno, T., Córdoba, P., Moreno, N., Zhuang, X.G., Li, B.Q., Li, J., Shangguan, Y.F., Dominguez, A.O., Kelly, F., & Querol, X. (2021). *Comprehensive evaluation of potential coal mine dust emissions in an open-pit coal mine in Northwest China*. *International Journal of Coal Geology*, 235, 103677.
- Ju, X.F., He, J.L., Zhang, Q., & Staitiniyazi, A. (2023). *Evolution pattern and driving mechanism of eco-environmental quality in arid oasis belt—A case study of oasis core area in Kashgar Delta*. *Ecological Indicators*, 154, 110866
- Queiroz, L. S. (2024). Distribution and transport of contaminants in soil through. *Science of The Total Environment*.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171111>
- Haque, N., et al. (2025.). Life cycle assessment of copper concentrate production and smelting. *Minerals Engineering*
- Liu, W., et al. (2024). Comprehensive assessment of environmental behavior of mine tailings. *Journal of Environmental Management*
- Schueler, J. A. (2023). Patterns of infringement, risk and impact driven by coal. *Environmental Science & Policy*
- Balanay, R. M., dkk. (2014). Analyzing the socio-economic impacts of mining with (PSM). *Development and Country Studies*
- Carrillo-M., P., dkk. (2023). Local socioeconomic impacts of large-scale mining: Case of Fruta del Norte. *Resources Policy*, 85.  
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103756>
- Irawan, I. (2016). Legal analysis of coal mining in efforts to maintain sustainability. *Humaniora*, 7(1).  
<https://doi.org/10.21512/humaniora.v7i1.3414>
- Kafrawi, R. M. (2019). Perusakan lingkungan sebagai tindak pidana terorisme. *Majalah Magister Hukum Unair*, 1(1). <https://doi.org/10.31103/mms.v1i1.157>
- Lily, H., dkk. (2022). Mine tailings management and regulation. *Resources Policy*
- Nuraida, I. (2012). The practice of corporate social responsibility of PT Newmont Minahasa. *Sosiologi Reflektif*, 7(1).  
<https://doi.org/10.21107/sml.v7i1.23842>
- Pattinussa, M. Y. (2024). Identifying the urgency of Indonesia's nickel industry downstream. *Verity: Jurnal Ilmiah Hubungan Internasional*, 15(2).  
<https://doi.org/10.19166/verity.v15i2.7661>
- Rachmawati, D. (2024). Resource conflict in Indonesia in a global security perspective. *Formosa Journal of Science and Technology*, 3(1).  
<https://doi.org/10.55927/fjst.v3i1.7925>
- Bidul, S., dkk. (2024). Analisis yuridis dampak pencemaran lingkungan pertambangan mangan dan nikel di Maluku Utara. *Jurnal Sosio-Sains*, 13(1).  
<https://doi.org/10.33506/js.v13i1.3102>
- Effendi, H., dkk. (2015). Pollution load and quality status of coastal waters Pomalaa nickel mining. *Jurnal Pengelolaan Perairan (IPB)*.  
<https://journal.ipb.ac.id/>
- Higuera, P., dkk. (2012). Low-cost geochemical surveys for environmental studies in developing countries: Optimized use of portable XRF. *Journal of Geochemical Exploration*, 123.  
<https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.01.004>
- International Journal of Environmental Waste Management. (2022). A review of sustainable management of mining waste. *International Journal of Environmental Waste Management*, 29(4).  
<https://doi.org/10.1504/IJEW.2022.122858>
- Rompas, B., dkk. (2022). Implikasi kebijakan sektor hilir pertambangan: Ancaman dan perlindungan lingkungan. *Jurnal Ilmiah Cahaya Keadilan*, 7(2).  
<https://doi.org/10.26623/jic.v7i2.4632>
- Taberima, S., dkk. (2020). Organic fertilizer applications improve the growth of vegetable crops in tailings-affected soils of Timika. *Nusantara Bioscience*, 12(1). <https://doi.org/10.13057/nusbiosci.n120108>
- Tjoetra, A., dkk. (2024). The gap between ecological violence and social injustice from mining. *Sosiologi Reflektif*, 7(1). <https://doi.org/10.21107/sml.v7i1.23842>
- Widyanti, R., dkk. (2023). Green knowledge management to achieve corporate sustainable development. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 7(2).  
<https://doi.org/10.24294/jipd.v7i2.2154>

- Adebisi, J. A., Zvarivadza, T., & Onifade, M. (2024). Towards application of positioning systems in the mining industry. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 14(1).  
<https://doi.org/10.1504/ijmme.2024.10063420>
- Arsad, J. H., dkk. (2024). Legal responsibility of mining companies for agricultural land damage due to mining activities in Wasile. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 8(1).  
<https://doi.org/10.7160/edelweiss.v8i1.123>
- Haryadi, D., dkk. (2022). Environmental law awareness as social capital strategic in unconventional tin mining activities. *Society*, 10(1).  
<https://doi.org/10.33019/society.v10i1.408>
- Hidjaz, K. (2019). Effectiveness of environmental policy enforcement and the impact by industrial mining. *Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues*, 22(1).
- Holthouse, K. (2021). *The local politics of mining under decentralisation in Indonesia* [Doctoral dissertation, Australian National University]. ANU Open Research Repository. <https://openresearch-repository.anu.edu.au/handle/1885/219212>
- Iksan, M., dkk. (2023). Environment-based learning media with green biochemistry approach. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 9(11).  
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.5173>
- Kadir, A., et al. (2020). Shadow economy and environmental damage regional autonomy era in Indonesia. *Baltic Journal of Economic Studies*, 6(3).  
<https://doi.org/10.30525/2256-0742/2020-6-3-63-69>
- McDemott, et al. (2022). Catastrophic tailings dam failures and disaster risk. *Scientific Reports*.
- Rahmat K., A., et al. (2020). A qualitative content analysis of environmental impact assessment: Case study of nickel smelter. *Heliyon*, 6(5).  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04051>
- Rola, W. R., et al. (2010). Towards a sustainable mining waste management: An ex-ante analysis of a nickel mining project. *Journal of Environmental Science and Management (JESAM)*, 13(2).  
<https://doi.org/10.3860/jesam.v13i2.1711>
- Rusdinar, Y., et al. (2011). A hydrogeochemical review of riverine mine tailings... *Applied Geochemistry*, 26(8).  
<https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.03.111>
- Tewu, D., dkk. (2025). Evaluating the effectiveness of environmental and social risk mitigation in the X mining industry in Raja Ampat. *Jurnal Manajemen Risiko*.
- Pardede, M. (2023). *Corporate governance, corporate social responsibility, and firm risk: The case of Indonesian-listed firms*
- Books**
- Bebbington, A., Abdulai, A. G., Bebbington, D. H., Hinfelaar, M., & Sanborn, C. (2018). *Governing extractive industries: Politics, histories, ideas*. Oxford University Press.
- Santamarina, J. C., Torres-Cruz, L. A., & Bachus, R. C. (2020). *Why do tailings dams fail?* Springer.
- Book Chapter**
- McLellan, B. C., et al. (2022). Beyond the social license to operate. Dalam *Resources policy and sustainable mining* (hlm. 45–63). Elsevier.
- Act (statute/legislation)**
- Republik Indonesia. (2009). **Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup**.
- Republik Indonesia. (2021). **Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup**.
- Internet**
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). *Laporan pengelolaan lingkungan pertambangan*. Diakses dari situs resmi KLHK.
- PT Freeport Indonesia. (2022). *Environmental audit and tailings management report*. Diakses dari situs resmi perusahaan.
- Triyanti, A., Indrawan, M., Nurhidayah, L., & Aris, M. (n.d.). *Environmental Governance in Indonesia*.
- Abplanalp, K. (2012). Blood Money: NZ investigative journalism case study. *Pacific Journalism Review*, 18(2). <https://doi.org/10.24135/pjr.v18i2.296>
- Pedoman, C. M. (n.d.). *Pedoman pelaporan keberlanjutan*.