JOURNAL OF MINING INSIGHT
Vol. 2 No. 1, January 2024; Page 1 - 8
e-ISSN: 2988-5264; DOI: *https://doi.org/* 10.58227/jmi.v2i1.257
https://ejournal.insightpublisher.com/index.php/JMI

Analisis Pemantauan Lingkungan Hidup Pada Tahap Operasional Penambangan Nikel di Provinsi Sulawesi Tenggara

Dian Dwi Apriliyani Arsdin[1*], Harwan[2]

[1]Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia
[2,3]Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Info Artikel

Diajukan: 17/12/2023
Diterima: 09/01/2024
Diterbitkan: 30/01/2024

Keywords:
Reclamation; Bench Method; Relief; Slope Stability; Soil.

Kata Kunci:
Reklamasi; Metode Bench; Relief; Kestabilan Lereng; Tanah.

Lisensi: cc-by-sa

ABSTRACT

Environmental changes due to mining business are generally irregular, and most tend to be a steep relief. The objective of this research is to produce the reclamation design and to determine the right type of vegetation for planting in the former nickel mining area. This study employs qualitative research method which consist of field survey data collection, precipitation data, and size of the reclamation design as well as the history of the company being analyzed. Referring to the results of this study, the design of reclamation is vital in mine planning based on the principles as stipulated in the goverment regulation of the republic of indonesia no. 78 the year 2010. In relationt to the planned closure of the post-mining land. It is necessary to design the land after the mining activities expire considering that the land would be utilized by its allocation. Making a reclamation design used the bench method, by forming terraces since the relief was quite steep. Based on the calculation of geotechnical science by the company, the results of the slope was quite optimal with a value of SF ± 1,5 in the 3D design as reference drawings for reclamation design. Plants suitable for early revegetation is sengon, it is based on the analysis performed on 2 (two) soil chemical properties located in blok X for micro nutrient parameters. The soil pH at this location was categorized as a weak acid, and the nutrient content at the research site was classified high since it possessed higher than the averagae value based on laboratory results.

ABSTRAK

Perubahan lingkungan akibat adanya usaha pertambangan pada umumnya tidak teratur dan sebagian besar dapat berupa relief yang terjal. Penelitian ini bertujuan menghasilkan desain reklamasi dan menentukan jenis tanaman yang tepat untuk penanaman pada lahan bekas tambang nikel. Penelitian ini menggunnakan metode kualitatif yang meliputi kegiatan pengumpulan data survei lapangan, data curah hujan, ukuran bentuk desain reklamasi serta sejarah perusahaan yang dianalisis. Mengacu pada hasil penelitian ini, desain reklamasi merupakan salah satu hal penting dalam perencanaan tambang berdasarkan pada prinsip-prinsip sebagaimana telah diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 78 Tahun 2010. Sehubungan dengan merencanakan penutupan lahan pasca tambang, perlu dilakukan desain lahan setelah aktivitas penambangan berakhir mengingat lahan tersebut akan dimanfaatkan sesuai dengan peruntukaannya. Pembuatan desain reklamasi dengan menggunakan metode bench, yaitu dengan membuat teras-teras dikarenakan oleh relief yang cukup terjal. Berdasarkan perhitungan ilmu geoteknik oleh perusahaan mendapatkan hasil kemantapan lereng yang cukup optimal yaitu FK ± 1,5 di desain 3D sebagai acuan gambar desain reklamasi. Tanaman yang cocok digunakan untuk revegetasi awal yaitu sengon, hal ini berdasarkan analisis sifat kimia tanah dilakukan pada 2 (dua) lokasi d blok X untuk parameter unsur hara mikro. PH tanah pada lokasi ini dikategorikan asam lemah, dan kandungan unsur hara pada lokasi penelitian ini dikategorikan tinggi karena berada di atas nilai rata-rata berdasarkan hasil laboratorium.

Corresponding Author:
Dian Dwi Apriliyani Arsdin
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia
dwiapriliyani@unkhair.ac.id

PENDAHULUAN

Industri pertambangan merupakan salah satu industri yang padat modal, padat teknologi, dan resiko sangat besar. Agar kegiatan usaha pertambangan tidak terlalau menimbulkan kerusakan yang besar pada lingkungan hidup maka diperlukan perencanaan dan pemantauan lebih lanjut dan matang sebelum kegiatan pertambangan dilakukan (Widiawan *et al*, 2025; Syafaar *et al*, 2025). Setiap operasi penambangan memerlukan pematauan lingkungan hidup sebagai hal yang vital di dalam lokasi penambangan dan sekitarnya (Damanik *et al*, 2025; Ariya *et al*, 2025). Ketentuan pokok pengelolaan lingkungan hidup, dinyatakan bahwa lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya dan keadaan, makhluk hidup termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia dan makhluk hidup lainnya (Zulfadli, 2025; Maladi dan Mokodompit, 2025). Analisis mengenai dampak lingkungan serta pedoman-pedoman umum pelaksanaannya, maka aspek-aspek Lingkungan Hidup yang terkait dengan pekerjaan penambangan dapat dibedakan atas: komponen fisik – kimia, komponen biologi, dan komponen sosial ekonomi dan sosial budaya. Penanggulangan kerusakan lingkungan diharapkan akan tercapai seiring dengan tercapainya target pemantauan lingkungan hidup pada tahap pra operasional, operasional, dan pasca operasional yang ditetapkan oleh masing-masing perusahaan (Isran, 2023; Arsyad dan Hajar, 2023; Chaerul dan Andana, 2020). Oleh karena itu maka peneliti melakukan pengkajian pemantauan lingkungan hidup pada tahap operasional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan kualitas lingkungan hidup yang terjadi akibat kegiatan pertambangan nikel berupa perubahan fisiknya dan kesesuaiannya dengan standar baku mutu lingkungan, serta mengetahui besaran nilai erosi selama tahap operasional pertambangan nikel berlangsung dan penanggulangannya.

METODE

Metode penelitian yang dilakukan di lapangan yaitu dengan cara melakukan pengambilan sampel air, tanah, dan udara serta pengukuran panjang dan kemiringan lereng di sektar lokasi pembuangan tanah penutup dan lereng-lereng di lokasi penelitian dengan menyesuaikan standarisasi perhitungan teknis, kemudian di kirim dan di uji di laboratorium. Dari data tersebut diperoleh nilai dari hasil pengujian tiap sampel sehingga memudahkan dalam proses analisis. Proses pengambilan data yang dilakukan di lapangan yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung mengenai studi kasus seperti melakukan pengambilan sampel air, udara, tanah, dan panjang serta kemiringan lereng. Rangkaian pengambilan data yang dilakukan di lapangan adalah sebagai berikut.

Pengambilan dan Pengujian Sampel Air

Pada tahap ini melakukan pengambilan sampel air di dua titik pemantauan dengan masing masing tiga sampel. Untuk pengukuruan yang dapat langsung dilakukan di lapangan, seperti pengujian kadar pH, suhu serta warna dari air langsung di lakukan di lapangan sementara untuk mendapatkan data kandungan biologi dan kimia yang lebih lanjut, sampel di analisa di laboratorium. Pada pengambilan sampel dan pengujian sampel air peneliti di bimbing langsung oleh pembimbing lapangan guna mendapatkan data yang maksimal sehingga pada proses pengolahan data lebih mudah. Cara untuk menentukan status mutu air adalah dengan menggunakan sistem nilai dari US-EPA (*Environmenmental Protection Agency*) dengan mengklarifikasi mutu air dalam empat kelas, yaitu:

a. Kelas A: Baik sekali, skor = 0 memenuhi baku mutu
b. Kelas B: Baik, skor = -1 sampai -10 cemar ringan
c. Kelas C: Sedang, skor = -11 sampai -30 cemar sedang
d. Kelas D: Buruk, skor = -31 cemar berat

Porsedur penggunaan metode ini adalah:

a. Pengumpulan data kualitas air secara periodik
b. Bandingkan data hasil pengukuran dari masing masing parameter air dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air.

c. Jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran < baku mutu) maka diberi skor nol.
d. Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran > baku mutu) maka diberi skor
e. Jumlah negatif dari seluruh parameter dihitung dan ditentukan status mutunya dari jumlah skor yang didapat dengan menggunakan sistem nilai.

Tabel 1. Pemberian skor metode STORET.

Jumlah Contoh	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
<10	Maksimal	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-Rata	-3	-6	-9
≥	Maksimal	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata-Rata	-6	-12	-18

Pengambilan dan Pengujian Sampel Udara

Pengambilan sampel udara di lapangan mengenai kualitas udara di beberapa titik pengukuran menggunakan alat ukur spektrofometer selama 24 jam. Pada tahap ini peneliti tidak menyaksikan langsug pengukuran di lapangan dan hanya mendapatkan hasil uji sampel di laboratorium untuk di sesuaikan dengan baku mutu udara ambien, pada tahap pengolahan data yang diperoleh akan dicocokan dengan baku mutu udara ambien berdasarkan Permen No. 41 tahun 1999.

Tabel 2. Baku mutu udara ambien (Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999)

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
SO2	1 Jam	900 µg / Nm³
	24 Jam	365 µg / Nm³
CO	1 Jam	30.0000 µg / Nm³
	24 Jam	10.0000 µg / Nm³
NO2	1 Jam	400 µg / Nm³
	24 Jam	150 µg / Nm³
O3	1 Jam	235 µg / Nm³
	24 Jam	50 µg / Nm³
HC	3 Jam	160 µg / Nm³
PM10	24 Jam	150 µg / Nm³
PM2,5	24 Jam	65 µg / Nm³
Flour Indeks	30 Hari	40 µg / Nm³
Khalorine Dioksida	24 Jam	150 µg / Nm³

Pengujian Kebisingan

Pengujian baku mutu kebisingan di lima lokasi titik pemantauan, yakni, pada stockpile, pelabuhan, Kelurahan Teamokole, Kelurahan Rahampuu dan pit B, pada saat tahap operasional sedang berlangsung dengan metode direct reading. Pada pengolahan data, hasil nilai tingkat kebisingan dibandingkan dengan nilai ambang batas yang ditetapkan pemerintah untuk kawasan industri berdasarkan Keputusan Mentri Lingkungan Hidup No.48 tahun 1996.

Tabel 3. Nilai ambang batas kebisingan (Kepmen LH No. 48 tahun 1996)

Lingkungan Kegiatan (Peruntukan Kawasan)	Tingkat Bising (dBA)
Perumahan dan Pemukiman	55
Perdagangan dan Jasa	70
Perkantoran dan Jasa	65
Ruang Terbuka Hijau	50
Industri	70
Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
Bandar Udara	70
Stasiun Kereta Api	70
Pelabuhan Laut	70
Cagar Budaya	60

Pengambilan dan Pengujian Sampel Tanah

Mengamati bagaimana kondisi tanah dan kecepatan erosi. Pengamatan langsung di lapangan dilakukan dengan mengukur langsung panjang dan kemiringan lereng dengan meteran. Metode yang digunakan untuk menghitung laju erosi tanah adalah metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dimana metode ini yang diperkenangkan digunakan berdasarkan Peraturan Mentri No. 32 Tahun 2009.
A=R.K.LS.C.P
Keterangan:
A= Jumlah hilang rata-rata setiap tahun (ton/ha/tahun)
R= Erosivitas
K= Erodibilitas
L= Panjang lereng
S= Kemiringan lereng
C= Vegetasi
P= Konservasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjaun Kualitas Air

Kualitas air yang diamati adalah parameter fisika, parameter mikrobiologi, dan parameter kimia. Pengamatan di lapangan kondisi air *check dam* sekitar stokpile dan Mata air Monova yang berada tidak jauh dari lokasi pit B sudah mengalami perubahan, hal ini ditandai dengan berubahnya warna air. Air pada mata air monova adalah air kelas pertama dan air check dam sekitar stockpile adalah adalah air kelas dua. Hasil pengujian baku mutu air, maka diketahui kecendrungan perubahan kualitas lingkungan ditinjau dari aspek baku mutu air dengan jumlah sampel kurang dari sepuluh untuk Mata air Monova, jumlah rata-rata DO telah melampaui baku mutu, sehingga mendapat nilai total -8, dan untuk parameter lainnya masih sesuai dengan baku mutu. Jadi, berdasarkan sistem penilaian US-EPA, Mata air Monova mengalami tingakat pencemaran ringan.

Gambar 1. Kenampakan air check dam

Sementara untuk air check dam sekitar stockpile, parameter yang telah melampaui baku mutu adalah parameter fisika, dimana kadar TSS dan TDS telah melampaui baku mutu air untuk golongan kedua, dengan nilai total -11. Jadi berdasarkan sistem penilaian US-EPA, air check dam sekitar stockpile mengalami tingakat pencemaran sedang.

Tabel 4. Skor parameter fisika air check dam sekitar stockpile

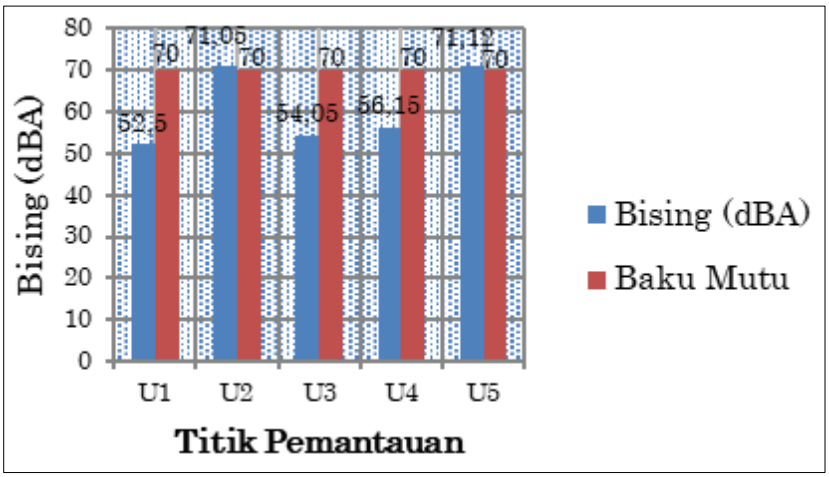
Parameter Fisika	Satuan	Kelas II	Hasil Pengukuran			Skor
			Max	Min	Rata-Rata	
TDS	mg/l	1000	1015	1008,3	1011,65	-10
TSS	mg/l	50	66,2	30,4	48,3	-1
Total						-11

Tabel 5. Skor parameter kimia anorganik Mata air Monova

Parameter Fisika	Satuan	Kelas I	Hasil Pengukuran			Skor
			Max	Min	Rata-Rata	
DO	mg/l	Minimum	7,41	5,24	6,41	-8
Total						-8

Tinjaun Kualitas Udara dan Kebisingan

Berdasarkan data hasil pengujian udara, dan kemudian disesuaikan dengan baku mutu udara ambeien, maka, baku mutu udara di lima titik pengambilan sampel masih sesuai dengan baku mutu udara yang ditetapkan peraturan pemerintah. Untuk standar kebisingan yang diperuntukan untuk kawasan industri, ada beberapa titik yang telah melampaui standar kebisingan. Dari lima titik pemantauan dua titik pemantauan telah melampaui baku mutu, yakni pada Pit B dan Stokpile dengan nilai 71,05 dan 71,12.



Gambar 2. Grafik Pemantauan Kebisingan

Penanggulangan yang dirasa tepat dilakukan di lokasi penelitian adalah dengan pengendalian suara pada penerima suara, yaitu, dengan penggunaan *earplug* pada setiap pekerja yang berada di sekitar pelabuhan dan Pit B sebab para pekerja di lokasi penelitian kurang memperhatikan hal tersebut.

Besaran Nilai Erosi

Besaran nilai erosi yang diamati meliputi erosivitas hujan, erodibilitas tanah, panjang dan kemiringan lereng, vegetasi dan usaha pencegahan. Besaran nilai erosi dihitung dengan rumus:

A=R.K.LS.C.P

Untuk memudahkan dalam perhitungan, maka pengolahan data dibagi tiap segmen.

Erosivitas hujan

Nilai erosivitas hujan di daptakan dengan menggunakan rumus lenvain karena data curah hujan yang ada hanya data curah hujan tahunan rata-rata selama sepuluh tahun. Persamaan yang digunakan lenvain adalah:

Untuk penentuan total erosivitas tanah:

Total Rm = 275,588 + 300,569 + 406,271 + 205,165 + 138,780 + 105,687 + 55,437 + 2,578 + 7,023 + 18,5 + 84,468 +164,640 = 1764,712

Jadi jumlah total erosivitas hujan adalah 1764,712. Ini menandakan daerah penelitian termasuk daerah dengan intensitas curah hujan yang rendah.

Erodibilitas Tanah

Nilai indeks faktor erodibilitas tanah ditentutakan atas dasar pengamatan dan analisis laboratorium contoh tanah perwakilan dari titik contoh pengambilan sampel tanah. Dengan menggunakan persamaan:

$K= 2,71 \times (10^{-4}) \times (12 - OM) \times M^{1,14} + 4,20 \times (s - 2) + 3,23 \times (p - 3) / 100$

Untuk hasil total erodibilitas tanah, dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Erodibilats Tanah

Tekstur Tanah	Bahan Organik (%)	Struktur tanah		Permeabilitas		K
		Bentuk	Kd	Kualitatif	Kd	
Lempung Liat Berdebu P:12,86	6,76	Kubus, Bulat	4	Cepat-Sedang	2	0,26

D:54,21 L:33,21 Lempung Liat Berdebu P:14,63 D:52,14 L:33,23	4,45	Kubus, Bulat	4	Cepat-Sedang	2	0,34
Lempung Berdebu P:26.07 D:44.29 L:29.64	3,42	Granular Sedang-Kasar	3	Cepat	1	0,36

Keterangan: Kd = Kode; K = Erodibilitas; P = Pasir; D = Debu; L = Liat.

Jadi total erodibiltas tanah untuk sampel pertama 0,26, sampel kedua 0,34, dan sampel ketiga 0,36.

Panjang dan kemiringan lereng

Panjang dan kemiringan lereng di ukur langsung di lapangan dengan menggunakan meteran. Sementara untuk kelas kemiringan digunakan persentase Van Zuindam. Jadi untuk panjang dan kemiringan lereng untuk sampel tanah pertama 2,43, sampel kedua 1,77 dan sampel ketiga 2,67. Untuk kelas panjang dan kemiringan lereng dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Panjang dan kemiringan lereng

Sampel	Kemiringan (%)	Panjang (m)	Kelas Kemiringan (%)	LS
1	10	400	8-15	2,43
2	20	200	20-15	1,77
3	5	500	0-8	2,67

Gambar 2. Kenampakan salah satu titik erosi.

Faktor pengolahan tanaman dan faktor tindakan konserfasi tanah

Nilai faktor P seluruhnya dianggap sama, yakni sebesar satu sebab di lokasi penelitian belum ada tindakan pengolahan lahan, sementara nilai indeks faktor tanaman (C) ditetapkan sesuai dengan macam penggunaan lahan di wilayah izin usaha pertambangan, berdasarkan pengamatan penggunaan lahan di lokasi penelitian adalah lahan terbuka tanpa tanaman. Hasil perhitungan erosi aktual berdasarkan faktor – faktor yang mempengaruhi erosi di lokasi penelitian.

Tabel 7. Hasil penilaian Faktor C dan P

Macam Penggunaan Lahan	C	P
Tanah terbuka tanpa tanaman	1	1
Tanah terbuka tanpa tanaman	1	1
Tanah terbuka tanpa tanaman	1	1

Tabel 8. Hasil Perhitungan Besaran Erosi.

Indeks faktor Erosi				A
R	K	LS	CP	
1,764,712	0,26	2,43	1	1114,945
1,764,712	0,34	1,77	1	1062,004
1,764,712	0,36	2,67	1	1696,241

Usaha pencegahan

Dalam usaha untuk penanggulangan erosi dan tingkat pencemaran kualitas air, sebab sumber dari pencemaran air adalah material yang terbawa erosi, maka dipililah pendekatan vegetasi, sebab pada lokasi penelitian pendekatan dengan metode mekanis telah diterapkan. Metode ini dipilih sebab dirasa tepat untuk di terapkan di daerah penelitian karena pada usaha yang sekarang diterapkan di lokasi penelitian yaitu pembuatan *settling pond* hanya menahan konsentrasi sedimentasi di satu tempat, hal ini akan lebih efektif jika dipadukan dengan metode vegetatif, selain itu untuk kedepannya setelah penutupan tambang akan mempermudah proses reklamasi. Adapun jenis-jenis tanaman yang tepat di tanam antaralain tanaman pokok jenis cemara hutan dan sengon dengan jarak 4 m x 4 m pada lereng secara bergantian, dan 5 m x 5 m pada daerah yang lebih landai, tanaman cemara hutan dipilih karena pada morfologi awal cemara hutan adalah salah satu tanaman yang hidup di daerah penelitian serta agak mudah tumbuh dibandingkan tanaman lain pada morfologi awal sementara sengon dipilih karena tanaman ini yang memiliki kemampuan beradaptasi pada tanah yang miskin unsur hara. Jarak 4 m x 4 m digunakan agar pertumbuhan tanaman lebih cepat dan rapat sehingga laju air permukaan dapat tertahan, serta di lakukan pula penanaman *cover crop*. Penanaman cover crop di lakukan pada sela-sela tanaman pokok dan jarak tanam mengikuti pola tanaman pokok, dan jenis cover crop yang di tanam adalah vetiver dan bahia dengan jarak 1 m × 1 m secara bergantian di setiap baris dengan arah horizontal terhadap lereng agar dapat menahan erosi. Tanaman vetiver dipilih karena tingkat pertumbuhan akarnya cepat dan tanaman bahia dipilih karena pertumbuhannya lebih cepat serta menyebar sehingga dapat menutupi permukaan tanah dengan cepat.

SIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Perubahan kualitas lingkungan hidup akibat kegiatan pertambangan nikel untuk baku mutu air mendapat nilai min delapan (8) untuk mata air Monova untuk golongan air kelas satu dengan tingkat pencemaran golongan B (sedikit). Untuk air check dam stockpile mendapat nilai -11 untuk golongan air kelas III dengan tingkat pencemaran golongan C (sedang), untuk baku mutu udara sesuai dengan baku mutu sementara untuk baku mutu tingkat kebisingan melewati nilai ambang batas (NAB).
2. Besaran erosi pada daerah penelitian bervariasi antara antara 1114,945 - 1696,241 ton/ha/thn dengan rata-rata 1291,063 ton/ha/thn.

REFERENSI

Ariya, S., Novian, R., & Reflis, S. P. U. (2025). Pencemaran Tanah Dan Air Akibat Tambang Batubara Di Bengkulu: Analisis Dan Strategi. *Integrative Perspectives of Social and Science Journal*, 2(03 Juni), 3750-3758.

Arsyad, L. M., & Hajar, I. (2023). Pengaruh Pengetahuan Dan Perilaku Penambang Nikel Terhadap Pengelolaan Lingkungan Hidup Pada Pt. Konawe Nikel Nusantara Kecamatan Langgikima Kabupaten Konawe Utara. *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*, 2(04), 230-252.

Chaerul, M., & Andana, R. F. (2020). Study Valuasi Smelter Pengolahan Nikel Melalui Pendekatan Analisa Biaya Manfaat (Studi Kasus: Perusahaan Tambang Nikel di Sulawesi Selatan) Valuation of Nickel Smelter Processing with Cost Benefit Analysis Approach (Case Study: Nickel Mining). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(1), 87-100.

Damanik, Z. G., & Hardi, S. C. (2025). Peran Dan Implementasi Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (Amdal) Dalam Menilai Kelayakan Bisnis Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup: Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Pabrik Semen Indonesia Aceh (SIA). *Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Manajemen*, 3(2), 173-187.

Isran, N. I. M. (2024). *Peran Dinas Lingkungan Hidup Dalam Upaya Penanggulangan Kerusakan Lingkungan Hidup Akibat Pertambangan Bijih Nikel Perspektif Fikih Siyasah* (Studi Di Desa

Boenaga Kecamatan Lasolo Kepulauan Kebupaten Konawe Utara) (Doctoral dissertation, IAIN Kendari).

Kementerian Lingkungan Hidup. (1996). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tentang: Baku Tingkat Kebisingan. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 48.

Malawi, T. S., & Mokodompit, E. A. (2025). Eksplorasi Dan Eksploitasi Sumber Daya Alam Nikel Di Wilayah Pesisir Sulawesi Tenggara. *Musytari: Jurnal Manajemen, Akuntansi, dan Ekonomi*, 18(11), 21-30.

Pemerintah Republik Indonesia (1999). Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 Tentang: *Pengendalian Pencemaran Udara*. Lembaran Negara RI Tahun, 86.

Syafaat, I. H., Xavire, B. H., Tamadinta, B. A., Prastiyo, B., Sugianti, R. P., & Rahmawati, L. A. (2025). Analisis Efektivitas Program Rehabilitasi Lingkungan dalam Pemulihan Ekosistem di Kawasan Pascatambang PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim. *Botani: Publikasi Ilmu Tanaman dan Agribisnis*, 2(3), 35-51.

Widiawan, A. P., Soesanta, P. E., & Hasrianti, H. (2025). Analisis Keberlanjutan Operasi Tambang PT Anugrah Harisma Barakah dengan Multidimensional Scaling (MDS). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 12(1), 27-42.

Zulfadli, M. (2025). Analisis Peran Masyarakat dan Pemerintah Desa Papan Loe Dalam Pengelolaan Limbah PT Huadi Nickel-Alloy Indonesia Kecamatan Pa'jukukang Kabupaten Bantaeng. *Jurnal Edukasi Sosial Sains*, 1(1).