

Implementasi Konsep Green Mining PT. Semen Tonasa: Dampak Lingkungan, Reklamasi, dan Kesejahteraan Petani

Muhammad Fahrullah¹, Mukhtar Hamsah², Rasdi^{3*}

^{1*}Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi industri, Institut Teknologi dan Bisnis Nobel, Makassar, Indonesia

²Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Institut Teknologi dan Bisnis Nobel, Makassar, Indonesia

^{3*}Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Teknologi industri, Institut Teknologi dan Bisnis Nobel, Makassar, Indonesia

Email: ¹fahrullah@nobel.ac.id, ²mukhtar@stie-nobel.ac.id, ^{3*}rasdi@nobel.ac.id

Abstract

This study analyzes the implementation of the Green Mining concept by PT Semen Tonasa and its relationship with environmental sustainability, agricultural productivity, and the welfare of farmers around the mining area. The approach used is descriptive qualitative supported by simple quantitative analysis (Spearman correlation) to assess the relationship between Green Mining metrics (ISO 50001, TSR biomass, land reclamation, and CSR) and community socio-economic indicators. Data were obtained through farmer surveys, interviews with the company and local government, and a review of CSR and energy efficiency documents. The results show that land reclamation exceeded the target of 17.16 ha from 15.85 ha (91.67% success), the implementation of ISO 50001 increased energy efficiency by 18.52%, saved 1,214,159 MWh, and reduced emissions by 435,864 tons of CO₂-e. Biomass substitution increased by 1.17% to 8.13%, followed by a 22.6% increase in rice productivity and a 20% increase in farmer income (Rp 2.5–3.0 million/month). These results confirm Green Mining's significant contribution to energy and economic sustainability, but the unequal distribution of benefits requires tripartite collaboration and the application of the Just Transition principle within the Triple Bottom Line framework.

Keywords: Green Mining, ISO 50001, Biomass TSR, Energy Efficiency, Farmers' Welfare, Just Transition.

Abstrak

Penelitian ini menganalisis penerapan konsep Green Mining oleh PT Semen Tonasa serta keterkaitannya dengan keberlanjutan lingkungan, produktivitas pertanian, dan kesejahteraan petani di sekitar wilayah tambang. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan dukungan analisis kuantitatif sederhana (korelasi Spearman) untuk menilai hubungan antara metrik Green Mining (ISO 50001, TSR biomassa, reklamasi lahan, dan CSR) dan indikator sosial-ekonomi masyarakat. Data diperoleh melalui survei petani, wawancara dengan perusahaan dan pemerintah daerah, serta telaah dokumen CSR dan efisiensi energi. Hasil menunjukkan bahwa reklamasi lahan melebihi target 17,16 ha dari 15,85 ha (keberhasilan 91,67%), penerapan ISO 50001 meningkatkan efisiensi energi 18,52%, menghemat 1.214.159 MWh, dan mengurangi emisi 435.864 ton CO₂-e. Substitusi biomassa meningkat 1,17% menjadi 8,13%, diikuti kenaikan produktivitas padi 22,6% dan pendapatan petani 20% (Rp 2,5–3,0 juta/bulan). Hasil ini menegaskan kontribusi nyata Green Mining terhadap keberlanjutan energi dan ekonomi, namun distribusi manfaat yang belum merata memerlukan kolaborasi tripartit dan penerapan prinsip Just Transition dalam kerangka Triple Bottom Line.

Kata Kunci: Green Mining, ISO 50001, TSR Biomassa, Efisiensi Energi, Kesejahteraan Petani, Just Transition.

1. PENDAHULUAN

Sektor pertambangan memiliki kontribusi signifikan terhadap pembangunan ekonomi nasional melalui penyediaan bahan baku industri dan infrastruktur (Husadawan & Suastika, 2024). Di Indonesia, berbagai perusahaan pertambangan seperti PT. Semen Tonasa memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan bahan baku industri dan pembangunan infrastruktur (Muhtar, 2023; Sumatriani et al., 2021). Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pertambangan juga menimbulkan dampak lingkungan dan sosial yang kompleks, terutama bagi masyarakat petani yang bergantung pada lahan produktif di sekitar area tambang (Amraeni & Nirwan, 2021; Tupala et al., 2022).

Eksplorasi sumber daya mineral secara konvensional sering menyebabkan degradasi lahan, hilangnya vegetasi, dan penurunan kualitas air serta udara (Pattynama, 2025; Wassie, 2020). Penebangan vegetasi, perubahan morfologi lahan, serta pencemaran air dan udara sering kali menjadi konsekuensi dari aktivitas pertambangan yang tidak memperhatikan prinsip keberlanjutan (Wu et al., 2024). Dampak tersebut berimplikasi pada penurunan produktivitas pertanian dan memperlebar ketimpangan sosial di wilayah sekitar tambang. Dalam jangka panjang, kondisi ini memicu ketimpangan sosial dan menghambat peningkatan kesejahteraan masyarakat setempat (Doulati et al., 2022; Zeng et al., 2024). Oleh karena itu, penerapan prinsip keberlanjutan dalam industri ekstraktif menjadi agenda global untuk memastikan keseimbangan antara dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Sebagai respons terhadap isu-isu tersebut, konsep *Green Mining* mulai dikembangkan dan diadopsi dalam praktik pertambangan modern. *Green Mining* merupakan pendekatan yang mengedepankan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi secara berimbang, dengan tujuan meminimalkan dampak negatif kegiatan pertambangan serta meningkatkan nilai tambah bagi masyarakat sekitar (Onifade et al., 2024; Yu et al., 2024). Implementasi *Green Mining* meliputi berbagai upaya seperti reklamasi lahan pascatambang, pengelolaan limbah secara ramah lingkungan, efisiensi penggunaan energi, hingga pemberdayaan masyarakat sekitar tambang (Ranjani & Setiawan, 2024; Sutrisno et al., 2024).

Dalam konteks teoritis, pendekatan *Green Mining* sejalan dengan kerangka *Triple Bottom Line*, yang menekankan keseimbangan antara dimensi *profit* (ekonomi), *people* (sosial), dan *planet* (lingkungan). Selain itu, integrasinya dengan prinsip *Just Transition* menegaskan pentingnya transisi berkeadilan bagi masyarakat lokal agar tidak menjadi korban perubahan struktural akibat aktivitas industri ekstraktif.

Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada aspek teknis lingkungan, seperti reklamasi atau efisiensi energi, tanpa menghubungkannya secara kausal dengan dampak sosial-ekonomi mikro masyarakat sekitar tambang. Kekosongan penelitian (research gap) terletak pada kurangnya kajian yang secara integratif menganalisis hubungan antara *métrik teknis Green Mining* (misalnya sertifikasi ISO 50001 dan pemanfaatan biomassa dalam Thermal Substitution Rate/TSR) dengan peningkatan kesejahteraan petani dan pengurangan ketimpangan sosial di wilayah tambang semen. Padahal, pengukuran keterkaitan ini penting untuk menilai sejauh mana transformasi teknis perusahaan benar-benar berkontribusi pada inklusi sosial dan pembangunan berkelanjutan di tingkat lokal.

Penelitian ini menawarkan kebaruan (novelty) dalam dua aspek utama. Pertama, secara konseptual, studi ini mengintegrasikan *métrik teknis Green Mining* (efisiensi energi, TSR biomassa, ISO 50001) ke dalam kerangka teoritis *Triple Bottom Line* dan *Just Transition*, yang sebelumnya jarang digunakan secara bersamaan dalam konteks

industri semen di Indonesia. Kedua, secara empiris, penelitian ini berfokus pada dampak sosial-ekonomi mikro terhadap kesejahteraan petani lokal di sekitar area tambang PT. Semen Tonasa, yang belum banyak dikaji dalam literatur pertambangan nasional. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperluas pemahaman mengenai implementasi *Green Mining* dari sisi teknis, tetapi juga menjembatani kesenjangan antara inovasi industri dan kesejahteraan masyarakat lokal.

PT. Semen Tonasa, sebagai salah satu produsen semen terbesar di Indonesia Timur (Soamole, 2022), memiliki potensi besar untuk menjadi pelopor penerapan *Green Mining* berbasis keadilan sosial. Perusahaan ini memiliki kawasan tambang yang berdekatan dengan pemukiman dan lahan pertanian masyarakat, menjadikannya kasus ideal untuk mengeksplorasi hubungan antara inovasi teknis dan kesejahteraan sosial. Penerapan *Green Mining* di PT. Semen Tonasa tidak hanya relevan dari sisi lingkungan, tetapi juga strategis dalam mendukung pembangunan sosial-ekonomi masyarakat sekitar tambang melalui sinergi antara teknik pertambangan ramah lingkungan dan program pemberdayaan petani lokal.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif penerapan metrik teknis *Green Mining* di PT. Semen Tonasa dan dampaknya terhadap dimensi sosial-ekonomi masyarakat sekitar tambang, serta mengembangkan model konseptual berbasis *Triple Bottom Line* dan *Just Transition* yang dapat menjadi acuan kebijakan dalam memperkuat praktik pertambangan berkelanjutan di Indonesia.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini disusun secara sistematis agar mampu menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian secara ilmiah. Desain penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif yang diperkaya dengan analisis kuantitatif sederhana (*embedded design*), di mana data kualitatif menjadi dasar interpretasi utama, sementara data kuantitatif digunakan untuk memperkuat validitas hubungan antarvariabel.

Tahapan penelitian dilaksanakan melalui lima langkah utama sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur.

Peneliti mengidentifikasi persoalan mengenai dampak aktivitas pertambangan terhadap pertanian di sekitar PT. Semen Tonasa, serta menelusuri berbagai literatur nasional dan internasional terkait *Green Mining* dan pemberdayaan masyarakat untuk menemukan *research gap* yang relevan.

2. Perumusan Proposal dan Penyusunan Instrumen.

Proposal penelitian dirumuskan berdasarkan hasil identifikasi awal dan dikonsultasikan dengan tim pakar. Instrumen penelitian berupa kuesioner (skala Likert 1–5) dan panduan wawancara semi-terstruktur, yang selanjutnya diuji kelayakannya melalui uji validitas isi (*expert judgment*) dan reliabilitas internal untuk memastikan konsistensi data.

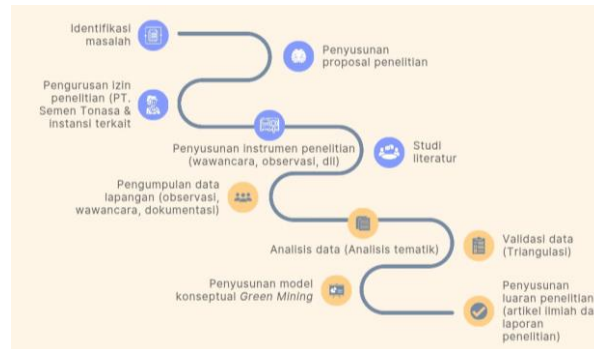
3. Pengumpulan Data Lapangan.

Tahap ini meliputi observasi langsung terhadap lokasi penelitian, survei kuesioner kepada responden, wawancara mendalam dengan informan kunci, serta pengumpulan dokumen pendukung seperti laporan CSR perusahaan, kebijakan pemerintah, dan regulasi terkait lingkungan pertambangan.

4. Analisis dan Integrasi Data.

- a) Analisis kualitatif dilakukan secara tematik melalui proses *open coding*, *axial coding*, dan pembentukan tema.

- b) Analisis kuantitatif dilakukan secara deskriptif dan menggunakan korelasi sederhana (Pearson atau Spearman) untuk melihat hubungan antara penerapan *Green Mining* (variabel independen) dan kesejahteraan petani (variabel dependen).
 - c) Triangulasi sumber dan metode dilakukan untuk memastikan validitas data dan mengatasi potensi bias hasil penelitian.
5. Penyusunan Luaran.
- Hasil penelitian dituangkan dalam bentuk laporan ilmiah, model konseptual *Green Mining* berbasis keberlanjutan, serta artikel ilmiah yang ditargetkan untuk diterbitkan pada jurnal nasional terakreditasi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Penerapan Green Mining oleh PT. Semen Tonasa di Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan (2022–2023).

Keterangan: Diagram ini menggambarkan tahapan penelitian yang dimulai dari identifikasi masalah dan studi literatur, diikuti penyusunan proposal dan instrumen penelitian, serta pengumpulan data lapangan melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi. Selanjutnya dilakukan analisis data secara tematik dan korelasi sederhana (Spearman) yang divalidasi dengan triangulasi sumber. Hasil akhir penelitian menghasilkan model konseptual Green Mining berbasis keberlanjutan yang disajikan dalam laporan dan artikel ilmiah.

2.2 Metode Penelitian dan Penyelesaian Masalah

1) Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan kualitatif deskriptif dengan dukungan data kuantitatif. Fokus utama penelitian adalah mendeskripsikan fenomena sosial, lingkungan, dan ekonomi di sekitar kawasan tambang serta menilai sejauh mana praktik *Green Mining* berkontribusi terhadap peningkatan kesejahteraan petani lokal.

2) Populasi dan Sampel

Populasi penelitian terdiri atas tiga kelompok utama, yaitu:

- a) Manajemen PT. Semen Tonasa,
- b) Petani yang bermukim di sekitar area tambang, dan
- c) Perwakilan instansi pemerintah terkait lingkungan dan pertanian.

Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling, dengan justifikasi sebagai berikut:

- a) Pertimbangan kesesuaian informan, yaitu individu atau kelompok yang memahami dan terlibat langsung dalam praktik *Green Mining*.
- b) Prinsip saturasi data, di mana proses wawancara dihentikan apabila tidak ditemukan tema baru setelah dua wawancara tambahan.
- c) Keterwakilan area dampak, dengan mempertimbangkan jarak lahan dari lokasi reklamasi (dekat dan jauh), jenis komoditas, serta partisipasi dalam program CSR perusahaan.

Adapun jumlah responden terdiri atas:

- a) 5–7 orang dari pihak manajemen PT. Semen Tonasa,
- b) 10–15 petani di area terdampak langsung, dan
- c) 3–5 orang dari instansi pemerintah daerah.

Kriteria inklusi untuk petani meliputi:

- a) aktif bertani minimal dua tahun terakhir,
- b) memiliki lahan di radius area penelitian, dan
- c) bersedia menjadi responden melalui persetujuan (*informed consent*).

3) Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di area operasional PT. Semen Tonasa, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan, dengan periode pelaksanaan dari Mei hingga Oktober 2025.

4) Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan terdiri atas:

a) Data Primer:

1. Observasi lapangan terhadap kondisi lahan, vegetasi, dan sistem irigasi.
2. Survei kuesioner untuk memperoleh data kuantitatif (produktivitas, pendapatan, persepsi kesejahteraan).
3. Wawancara mendalam dan semi-terstruktur untuk menggali persepsi sosial dan pengalaman langsung masyarakat.

b) Data Sekunder:

Dokumen laporan CSR PT. Semen Tonasa, kebijakan pemerintah terkait pertambangan berkelanjutan (UU Minerba dan Permen ESDM No. 26 Tahun 2018), serta publikasi akademik yang relevan dengan konsep *Green Mining* dan pembangunan berkelanjutan.

5) Metode Analisis Data

a) Analisis Kualitatif

Data wawancara dan observasi dianalisis menggunakan analisis tematik melalui tahapan *coding*, kategorisasi, dan pembentukan tema utama. Untuk meningkatkan kredibilitas hasil, dilakukan *member checking* kepada beberapa informan kunci.

b) Analisis Kuantitatif

Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan korelasi sederhana.

1. Korelasi Pearson digunakan apabila data berdistribusi normal (misalnya antara efisiensi energi dan produktivitas pertanian).
2. Korelasi Spearman digunakan apabila data berskala ordinal atau tidak berdistribusi normal (misalnya persepsi Green Mining dengan persepsi kesejahteraan).

Interpretasi hasil dilakukan berdasarkan nilai koefisien korelasi (r) dan signifikansinya (p -value), dengan klasifikasi: rendah ($<0,3$), sedang ($0,3–0,5$), dan kuat ($>0,5$).

Karena jumlah sampel relatif kecil, hasil kuantitatif bersifat indikatif dan pendukung terhadap temuan kualitatif.

c) Integrasi Kualitatif-Kuantitatif

Temuan kuantitatif diintegrasikan dengan hasil kualitatif melalui pendekatan *joint display*, yang menampilkan hubungan antara metrik teknis *Green Mining* dan dimensi kesejahteraan petani. (Lihat Tabel 2).

d) Validasi dan Triangulasi

Triangulasi dilakukan untuk memastikan validitas dan objektivitas hasil penelitian melalui:

1. Triangulasi sumber: membandingkan informasi dari pihak perusahaan, petani, dan pemerintah daerah untuk isu yang sama.
 2. Triangulasi metode: membandingkan hasil observasi, wawancara, survei, dan dokumen kebijakan.
Setiap temuan dinyatakan valid jika diperkuat oleh minimal dua sumber dan dua metode. Hasil diverifikasi melalui *audit trail* dan konfirmasi ulang (*member checking*) terhadap informan kunci.
- e) Pertimbangan Etika Penelitian
Seluruh responden telah diberikan lembar persetujuan partisipasi (*informed consent*). Identitas pribadi dijaga kerahasiaannya, dan seluruh data hanya digunakan untuk kepentingan akademik.

2.3 Matriks Tahapan Penelitian

Tabel 1. Matriks Tahapan, Metode, dan Indikator Penelitian Penerapan Green Mining oleh PT. Semen Tonasa di Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan (2022–2023)

Tahapan Penelitian	Metode / Pelaksana	Indikator Capaian
Identifikasi masalah & studi literatur	Penelusuran jurnal dan berita	Research gap dan rumusan masalah ditemukan
Penyusunan proposal & instrumen	Diskusi tim; <i>expert judgment</i> instrumen	Instrumen valid dan siap digunakan
Pengumpulan data lapangan	Observasi, wawancara, survei, dokumen	Data primer dan sekunder terkumpul lengkap
Analisis data	Analisis tematik; korelasi Pearson/Spearman	Pola hubungan dan tema utama teridentifikasi
Triangulasi dan validasi	Triangulasi sumber dan metode	Temuan tervalidasi dan bebas bias
Penyusunan model <i>Green Mining</i>	Diskusi tim; drafting laporan	Model konseptual selesai
Publikasi hasil	Penulisan artikel dan pengiriman ke jurnal	Artikel ilmiah terpublikasi

2.4 Integrasi Data Kualitatif dan Kuantitatif

Tabel 2. Joint Display Integrasi Data Kualitatif dan Kuantitatif mengenai Penerapan Green Mining dan Dampaknya terhadap Kesejahteraan Petani di Sekitar Tambang PT. Semen Tonasa

Variabel / Indikator Green Mining	Hasil Korelasi (r, p-value)	Tema Kualitatif Dominan	Interpretasi Integratif
Efisiensi energi (ISO 50001)	$r = 0.62$; $p < 0.05$	Optimalisasi energi mendukung pasokan air dan listrik pertanian	Korelasi positif memperlihatkan efisiensi energi memperkuat produktivitas pertanian secara tidak langsung.
Pemanfaatan biomassa (TSR)	$r = 0.48$; $p < 0.05$	Limbah biomassa membuka peluang kerja baru	Pemanfaatan TSR berkontribusi pada tambahan pendapatan petani lokal.
Reklamasi lahan pascatambang	$r = 0.55$; $p < 0.01$	Lahan reklamasi menjadi area hortikultura produktif	Reklamasi meningkatkan lahan produktif dan persepsi kesejahteraan.
Program pemberdayaan petani (CSR)	$r = 0.67$; $p < 0.01$	Pelatihan dan akses pasar memperkuat posisi petani	CSR mendorong peningkatan kapasitas dan inklusi ekonomi.
Pengelolaan air & irigasi	$r = 0.59$; $p < 0.05$	Air reklamasi digunakan untuk irigasi sawah	Efisiensi air meningkatkan hasil panen dan pendapatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Profil Wilayah Penelitian

Pemilihan lokasi penelitian di sekitar wilayah operasional PT. Semen Tonasa, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep), Sulawesi Selatan, merepresentasikan kawasan dengan interaksi kuat antara aktivitas pertambangan dan sistem pertanian produktif. Wilayah ini menjadi contoh nyata tantangan pembangunan berkelanjutan, yaitu bagaimana menyeimbangkan pertumbuhan industri ekstraktif dengan keberlanjutan sosial-ekonomi petani lokal.

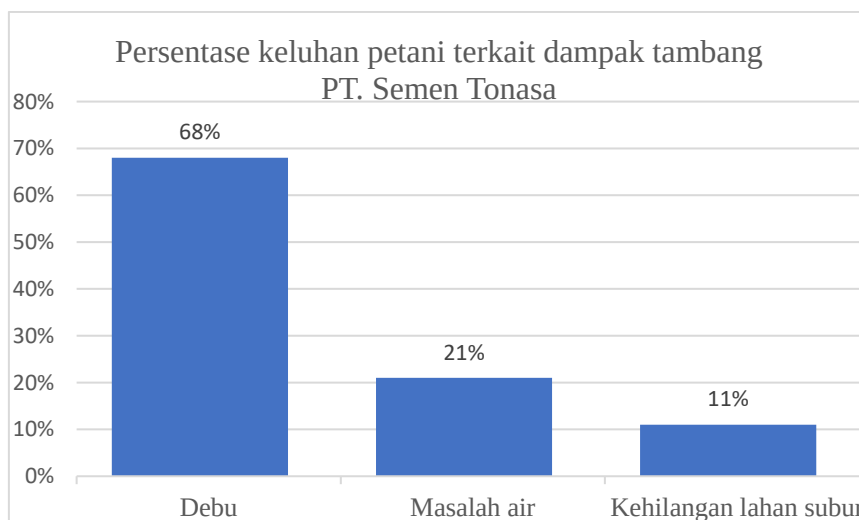
Lahan pertanian di Pangkep didominasi oleh komoditas padi, jagung, dan hortikultura yang menjadi sumber pendapatan utama rumah tangga. Kedekatan geografis antara area tambang dan area pertanian menimbulkan risiko ekologis (degradasi lahan, pencemaran udara, dan gangguan air irigasi) serta risiko sosial-ekonomi (perubahan struktur kerja dan ketimpangan akses terhadap program CSR).

Dalam konteks tersebut, penerapan konsep Green Mining menjadi strategis. Melalui efisiensi energi, pengelolaan limbah, reklamasi lahan, dan partisipasi masyarakat, *Green Mining* bertujuan menekan dampak negatif pertambangan dan mendukung *Triple Bottom Line: profit, people, dan planet*. Studi ini memosisikan Pangkep sebagai laboratorium sosial untuk menguji efektivitas *Green Mining* terhadap kesejahteraan petani lokal.

3.2 Dampak Aktivitas Pertambangan terhadap Lingkungan dan Pertanian

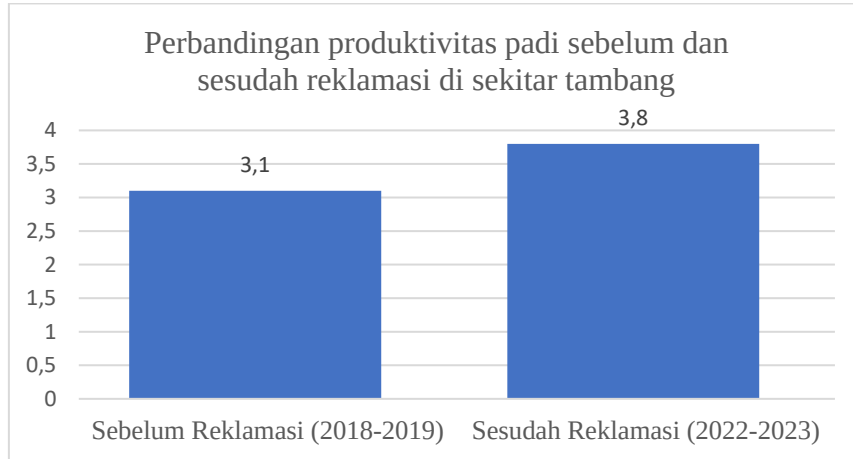
Aktivitas pertambangan PT. Semen Tonasa berdampak langsung pada lingkungan dan sektor pertanian. Menurut Asmuliani et al. (2023), eksploitasi di Quarry A mengubah morfologi lahan dan menurunkan kesuburan tanah, meski upaya reklamasi seluas 17,16 ha (target 15,85 ha) telah mencapai skor keberhasilan 91,67% (kategori baik). Namun, masih ditemukan erosi dan pertumbuhan vegetasi yang tidak merata, menunjukkan fungsi ekologis belum sepenuhnya pulih.

Survei lapangan memperlihatkan bahwa 68% petani mengeluhkan debu, 21% kesulitan air, dan 11% kehilangan lahan produktif akibat konversi tambang. Dampak ini berpengaruh langsung pada penurunan produktivitas dan pendapatan. Temuan ini sejalan dengan hasil Wassie (2020) dan Wu et al. (2024) yang menegaskan bahwa aktivitas tambang tanpa tata kelola ekologis yang kuat menyebabkan degradasi produktivitas tanah dan penurunan hasil pertanian jangka panjang.



Gambar 2. Persentase Keluhan Petani Terkait Dampak Tambang PT. Semen Tonasa.
Sumber: Hasil Survei Lapangan (2023).

Setelah penerapan reklamasi dan dukungan program CSR (2022–2023), produktivitas padi meningkat dari 3,1 ton/ha menjadi 3,8 ton/ha (+22,6%). Peningkatan ini sejalan dengan studi Onifade et al. (2024) di Nigeria dan Ranjani & Setiawan (2024) di Kalimantan, yang menunjukkan bahwa reklamasi berbasis vegetatif dan irigasi pascatambang dapat meningkatkan hasil pertanian sebesar 15–25%.



Gambar 3. Perbandingan Produktivitas Padi Sebelum dan Sesudah Reklamasi Lahan Tambang PT. Semen Tonasa di Kabupaten Pangkep, 2018–2023
 Sumber: Survei Lapangan (2023).

Meski menunjukkan tren positif, produktivitas tersebut masih di bawah rata-rata nasional (5–6 ton/ha; BPS, 2022), menandakan pemulihan ekologis belum mencapai kondisi optimal.

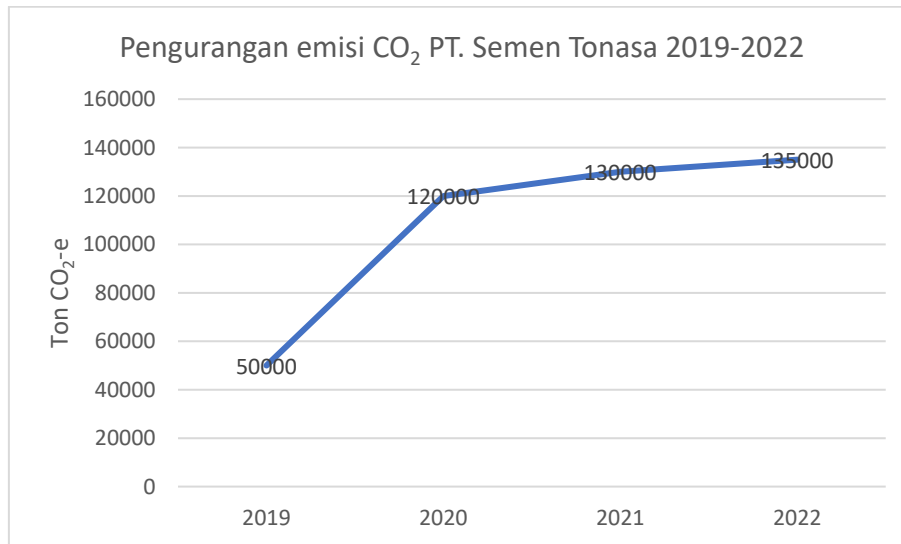
Tabel 3. Ringkasan Dampak Lingkungan dan Pertanian Akibat Aktivitas Tambang PT. Semen Tonasa.

Aspek	Indikator / Metrik	Nilai / Observasi	Sumber / Metode	Status Mitigasi / Risiko Residual
Kualitas udara (debu)	Keluhan petani	68% petani	Survei lapangan 2023	Penyiraman jalan tambang & vegetasi buffer; keluhan masih tinggi di musim kemarau
Ketersediaan air	Masalah irigasi	21% petani	Survei lapangan 2023	Saluran irigasi diperbaiki; masih bergantung musim
Konversi lahan	Kehilangan lahan subur	11% petani	Survei lapangan 2023	Belum ada penggantian lahan merata
Reklamasi (luas)	Target vs realisasi	17,16 ha (target 15,85 ha)	Asmuliani et al. (2023)	Target terlampaui; sebagian blok masih erosi
Reklamasi (kualitas)	Skor keberhasilan	91,67% (baik)	Asmuliani et al. (2023)	Vegetasi belum seragam; butuh penyulaman
Produktivitas padi	Sebelum → sesudah reklamasi	3,1 → 3,8 ton/ha (+22,6%)	Survei lapangan	Produktivitas naik; masih di bawah standar nasional

Sumber: Hasil Survei dan Asmuliani et al. (2023).

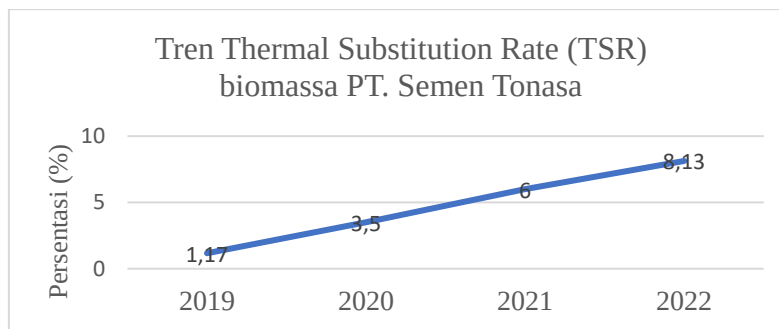
3.3 Implementasi Green Mining PT. Semen Tonasa

PT. Semen Tonasa telah mengadopsi prinsip *Green Mining* melalui sertifikasi ISO 50001 dengan peningkatan efisiensi energi 18,52% (2019–2022), penghematan kumulatif 1.214.159 MWh, dan reduksi emisi 435.864 ton CO₂-e. Kontribusi ini setara dengan pengurangan emisi ±90.000 mobil per tahun, mendukung target nasional *Net Zero Emission 2060* (CEM, 2023).



Gambar 4. Tren Pengurangan Emisi CO₂ PT. Semen Tonasa Berdasarkan Implementasi ISO 50001, 2019–2022 (Sumber: CEM & PT Semen Tonasa)

Selain itu, tingkat Thermal Substitution Rate (TSR) biomassa meningkat dari 1,17% (2019) menjadi 8,13% (2022), melampaui rata-rata nasional ($\pm 5\%$; KLHK, 2022) tetapi masih di bawah *best practice* global ($>20\%$; IEA, 2020).



Gambar 5. Peningkatan Thermal Substitution Rate (TSR) Biomassa pada Proses Produksi PT. Semen Tonasa, 2019–2022 (Data CEM & KLHK)

Selain efisiensi energi dan substitusi biomassa, PT. Semen Tonasa memperoleh predikat PROPER Hijau (2023) serta melakukan konservasi hayati melalui penanaman 863 tanaman endemik di Geopark Maros–Pangkep. Hal ini memperkuat penerimaan sosial sekaligus menjaga fungsi ekosistem.

Tabel 4. Indikator Green Mining PT. Semen Tonasa.

Aspek	Indikator	Capaian	Sumber
Efisiensi Energi	Peningkatan efisiensi	+18,52% (2019–2022)	CEM (2023)
Energi Hemat	Penghematan kumulatif	1.214.159 MWh	CEM (2023)
Emisi	Reduksi GRK	435.864 ton CO ₂ -e	CEM (2023)
Energi Alternatif	TSR biomassa	1,17% → 8,13%	CEM (2023)
Lingkungan	Predikat PROPER	Hijau (2023)	PT Semen Tonasa
Biodiversitas	Tanaman endemik	863 pohon	PT Semen Tonasa

Sumber: PT Semen Tonasa dan CEM (2023).

Perbandingan dengan studi Yu et al. (2024) dan Sutrisno et al. (2024) menunjukkan bahwa tingkat efisiensi PT. Semen Tonasa berada pada kategori *menengah-progresif*: hasil lingkungan positif, tetapi masih perlu penguatan dalam integrasi sosial dan kontinuitas pasokan biomassa.

3.4 Hubungan Green Mining dengan Kesejahteraan Petani

Analisis korelasi Spearman menunjukkan hubungan positif signifikan ($r = 0,55-0,67$; $p < 0,05$) antara indikator *Green Mining* dan kesejahteraan petani (produktivitas, pendapatan, persepsi positif). Pendapatan petani meningkat Rp2,5 juta $\rightarrow$ Rp3,0 juta/bulan (+20%), dan produktivitas padi naik 3,1 $\rightarrow$ 3,8 ton/ha (+22%).

Tabel 5. Dampak Penerapan Green Mining terhadap Produktivitas dan Kesejahteraan Petani Lingkar Tambang PT. Semen Tonasa (Survei Lapangan, 2022–2023)

Indikator	Sebelum Reklamasi	Sesudah Reklamasi	Perubahan	Catatan
Pendapatan rata-rata	Rp2,5 juta/bulan	Rp3,0 juta/bulan	+20%	Masih di bawah rata-rata nasional
Produktivitas padi	3,1 ton/ha	3,8 ton/ha	+22%	Belum mencapai standar nasional
Persepsi positif	–	55% petani	–	Mengapresiasi program CSR
Persepsi netral	–	30% petani	–	Tidak melihat perubahan signifikan
Persepsi negatif	–	15% petani	–	Dampak tambang masih dirasakan

Sumber: Hasil Survei Lapangan (2023).

Temuan ini konsisten dengan van Noordwijk et al. (2020) dan Nurlaila & Soetarto (2017), yang menegaskan bahwa manfaat sosial-ekonomi reklamasi sering bersifat parsial. Faktor utama penyebab ketimpangan adalah akses terhadap program CSR dan lokasi lahan. Petani di sekitar zona reklamasi memperoleh manfaat langsung, sementara mereka yang jauh dari wilayah tambang belum merasakan efek signifikan.

Kondisi ini menggambarkan perlunya penerapan prinsip Just Transition, yakni memastikan bahwa transformasi industri menuju keberlanjutan tidak meninggalkan kelompok sosial tertentu di belakang.

3.5 Peran Kebijakan Pemerintah dan Perusahaan

Program CSR PT. Semen Tonasa berfokus pada pelatihan dan penyediaan sarana produksi (bibit unggul, pupuk, dan teknik pertanian organik) yang melibatkan lebih dari 100 petani. Meskipun terdapat peningkatan kapasitas teknis, aspek hilirisasi produk dan akses pasar masih terbatas.

Pemerintah daerah memiliki peran penting dalam memastikan pelaksanaan reklamasi sesuai Kepmen ESDM No. 1827/2018, namun kapasitas monitoring masih rendah akibat keterbatasan sumber daya. Akibatnya, pengawasan lebih bersifat administratif daripada substantif. Kondisi ini sejalan dengan temuan Lestari et al. (2020) dan Muhtar (2023).

Untuk memperkuat keberlanjutan program, diperlukan langkah strategis:

1. Integrasi CSR dengan RPJMD daerah.
2. Penguatan kapasitas monitoring dan evaluasi pemerintah.
3. Peningkatan partisipasi masyarakat dalam tahap perencanaan dan evaluasi reklamasi.
4. Pembentukan forum tripartit (pemerintah–perusahaan–masyarakat) sebagai wadah koordinasi dan penyelesaian konflik.

3.6 Sintesis Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi *Green Mining* PT. Semen Tonasa membawa dampak positif terhadap lingkungan dan sosial-ekonomi, namun belum sepenuhnya inklusif dan berkeadilan.

Aspek planet (lingkungan) telah menunjukkan perbaikan melalui efisiensi energi dan reklamasi; aspek profit (ekonomi) meningkat dengan efisiensi operasional; namun aspek people (masyarakat) masih lemah karena distribusi manfaat belum merata.

Dengan demikian, keberhasilan *Green Mining* seharusnya diukur tidak hanya dari indikator teknis, tetapi juga dari sejauh mana penerapannya menghasilkan distribusi manfaat sosial yang adil dan berkelanjutan, sesuai dengan prinsip *Triple Bottom Line* dan *Just Transition*.

4. KESIMPULAN

Penerapan konsep Green Mining oleh PT. Semen Tonasa terbukti memberikan dampak positif terhadap dimensi lingkungan dan ekonomi lokal. Implementasi ISO 50001 meningkatkan efisiensi energi sebesar 18,52%, menghemat 1.214.159 MWh, dan menurunkan emisi hingga 435.864 ton CO₂-e, sementara Thermal Substitution Rate (TSR) biomassa naik dari 1,17% menjadi 8,13%. Upaya reklamasi lahan seluas 17,16 ha dengan tingkat keberhasilan 91,67% serta penanaman 863 tanaman endemik memperlihatkan komitmen perusahaan dalam memulihkan fungsi ekologis tambang. Secara ekonomi, produktivitas padi meningkat dari 3,1 ton/ha menjadi 3,8 ton/ha (+22,6%) dan pendapatan petani naik dari Rp2,5 juta menjadi Rp3,0 juta/bulan (+20%), menunjukkan adanya dampak positif integrasi teknis Green Mining terhadap kesejahteraan masyarakat.

Namun demikian, manfaat sosial Green Mining belum terdistribusi merata. Perbedaan akses terhadap program CSR, jarak lahan dari area reklamasi, serta kapasitas kelembagaan menyebabkan ketimpangan persepsi dan hasil antarpetani. Oleh karena itu, keberhasilan Green Mining tidak hanya ditentukan oleh pencapaian teknis, tetapi juga oleh kemampuan perusahaan dan pemerintah dalam memastikan distribusi manfaat yang adil dan berkelanjutan melalui prinsip *Just Transition*. Penelitian ini menghadirkan kebaruan konseptual dengan mengintegrasikan metrik teknis Green Mining (ISO 50001, TSR biomassa, reklamasi, CSR) ke dalam kerangka *Triple Bottom Line*, sehingga menghasilkan model konseptual pertambangan berkelanjutan yang menyeimbangkan dimensi planet, people, dan profit di tingkat lokal.

REFERENCES

- Amraeni, Y., & Nirwan, M. (2021). *Sosial Budaya Kesehatan Dan Lingkungan Masyarakat Pesisir Dan Tambang*. Penerbit NEM.
- Asmuliani, A., Asrifah, R. D., & Wicaksono, A. P. (2023, April). Evaluasi Tingkat Keberhasilan Reklamasi Pascatambang Batugamping di Quarry A PT. Semen Tonasa, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI* (Vol. 4, No. 1). <http://eprints.upnyk.ac.id/id/eprint/32493>
- Clean Energy Ministerial. (2023). *Energy Management System Case Study: PT Semen Tonasa (Indonesia). ISO 50001 Case Study Series*. from <https://www.cleanenergyministerial.org>
- Dorn, F. M., Hafner, R., & Plank, C. (2022). Towards a climate change consensus: How mining and agriculture legitimize green extractivism in Argentina. *The Extractive Industries and Society*, 11, 101130. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2022.101130>
- Doulati Ardejani, F., Maghsoudy, S., Shahhosseini, M., Jodeiri Shokri, B., Doulati Ardejani, S., Shafaei, F., ... & Rajaei, A. (2022). Developing a conceptual framework of green mining strategy in coal mines: integrating socio-economic, health, and environmental factors. *Journal of Mining and Environment*, 13(1), 101-115. <https://doi.org/10.22044/jme.2022.11704.2161>

- Endl, A., Tost, M., Hitch, M., Moser, P., & Feiel, S. (2021). Europe's mining innovation trends and their contribution to the sustainable development goals: Blind spots and strong points. *Resources Policy*, 74, 101440. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101440>
- Fraser, J. (2021). Mining companies and communities: Collaborative approaches to reduce social risk and advance sustainable development. *Resources Policy*, 74, 101144. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.003>
- Hamanaka, A., Sasaoka, T., Shimada, H., & Matsumoto, S. (2022). Amelioration of acidic soil using fly ash for mine revegetation in post-mining land. *International Journal of Coal Science & Technology*, 9, 33. <https://doi.org/10.1007/s40789-022-00499-9>
- Hilson, G. (2012). Corporate social responsibility in the extractive industries: Experiences from developing countries. *Resources Policy*, 37(2), 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2012.01.002>
- Husadawan, M. M. I., & Suastika, M. (2024). Strategi penataan lahan pasca tambang Sebagai Kawasan Agrowisata di Ngargoyoso Karanganyar. *Senthong*, 7(2). <https://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/senthong/article/download/1844/957>
- Lestari, D. P., Rachmawati, R., & Santosa, L. W. (2020). Mining governance and the role of local government: Capacity challenges in Indonesia. *Journal of Environmental Science and Policy*, 112, 224–232. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.013>
- Litvinenko, V. S. (2020). Digital economy as a factor in the technological development of the mineral sector. *Natural Resources Research*, 29(3), 1521-1541. <https://doi.org/10.1007/s11053-019-09568-4>
- Liu, Q., Qiu, Z., Li, M., Shang, J., & Niu, W. (2023). Evaluation and empirical research on green mine construction in coal industry based on the AHP SPA model. *Resources Policy*, 82, 103503. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103503>
- Moyo, V. P. (2024). Rural Farmers' adaptive And Transformative Capacity In Response To Climate Change And Artisanal Small Scale Mining In Rural Gwanda, Zimbabwe, 1980 TO 2021 (Doctoral dissertation, Stellenbosch University).
- Muhtar, S. M. (2023). Strategi Komunikasi Pengendalian Dampak Lingkungan Melalui Program Corporate Social Responsibility (CSR) Pada PT. Semen Tonasa= Communication Strategy for Controlling Environmental Impacts Through Corporate Social Responsibility (CSR) Programs at PT. Tonas Cement (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin). <http://repository.unhas.ac.id:443/id/eprint/28261>
- Nurlaila, L., & Soetarto, E. (2017). Dampak aktivitas produksi tambang Semen Tonasa terhadap perubahan tingkat kesejahteraan masyarakat di Dusun Boronguntia, Desa Biringere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkep. *Jurnal Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat (JSKPM)*, 1(1), 49–64. <https://doi.org/10.29244/jskpm.1.1.49-64>
- Octavia, D. (2023). Smart agroforestry for sustaining soil fertility and productivity. *Journal of Tropical Agroecosystems*, 14(2), 45–55. <https://doi.org/10.1080/21580103.2023.2269970>
- Onifade, M., Zvarivadza, T., Adebisi, J. A., Said, K. O., Dayo-Olupona, O., Lawal, A. I., & Khandelwal, M. (2024). Advancing toward sustainability: The emergence of green mining technologies and practices. *Green and Smart Mining Engineering*, 1(2), 157-174. <https://doi.org/10.1016/j.gsme.2024.05.005>
- Pattynama, F. M. (2025). Tanggung jawab hukum perusahaan pertambangan dalam reklamasi pasca tambang di Indonesia. *Journal of Mandalika Literature*, 6(1), 152-163. <https://doi.org/10.36312/jml.v6i1.3742>
- Pratiwi, Narendra, B. H., Siregar, C. A., Turjaman, M., Hidayat, A., Rachmat, H. H., Mulyanto, B., Suwardi, Iskandar, Maharani, R., Rayadin, Y., Prayudyarningsih, R., Yuwati, T. W., Prematuri, R., & Susilowati, A. (2021). Managing and Reforesting Degraded Post-Mining Landscape in Indonesia: A Review. *Land*, 10(6), 658. <https://doi.org/10.3390/land10060658>

- PT Semen Tonasa. (2023). Laporan Tahunan 2023: Strengthening ESG for Sustainable Performance. Pangkep: PT Semen Tonasa. <https://www.sementonasa.co.id>
- Ranjani, G., & Setiawan, H. (2024). Green Constitution: Tinjauan Kemanfaatan dan Pemulihan Lingkungan Hidup Melalui Reklamasi dan Pascatambang. *Lex Renaissance*, 9(1), 108-133.
- Soamole, A. M. (2022). Analisis Penerapan Sistem Manajemen Mutu ISO 9001 pada PT. Semen Tonasa. *Jurnal Flyover*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.52103/jfo.v2i1.866>
- Suliestyah, S., Tuheteru, E. J., Yulianti, R., & Wasis, B. (2024). Impact of red mud on soil properties and revegetation success in post-mining bauxite areas. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 11(3), 5755. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.113.5755>
- Sumatriani, S., Pane, D., & Kamaruddin, N. (2021). Peranan Corporate Social Responsibility Terhadap Reputasi Perusahaan Pada Pt Semen Tonasa. *Journal of Business Administration (JBA)*, 1(1), 15-36. <https://doi.org/10.31963/jba.v1i1.2677>
- Sutrisno, A. D., Lee, C. H., Suhardono, S., & Suryawan, I. W. K. (2024). Evaluating factors influencing community readiness for post-mining environmental development strategies. *Journal of Environmental Management*, 366, 121823. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121823>
- Tupala, A. K., Huttunen, S., & Halme, P. (2022). Social impacts of biodiversity offsetting: A review. *Biological Conservation*, 267, 109431. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109431>
- USDA-NRCS. (2022). *Soil Health Guide — pH*. Washington, DC: United States Department of Agriculture.
- Vivi, M. (2024). Analisis Implementasi Green Mining Bagi Keberlanjutan Perusahaan Berdasarkan Perspektif Ekonomi, Lingkungan, Dan Sosial (Studi Kasus Pada CV. Gula Pasir dan CV. Anugerah Alam Semeru) (Doctoral dissertation, Universitas uhammadiyah Malang). <https://eprints.umm.ac.id/id/eprint/15253>
- Wassie, S. B. (2020). Natural resource degradation tendencies in Ethiopia: a review. *Environmental systems research*, 9(1), 1-29. <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00194-1>
- Wu, X., Xing, C., Ju, Q., Su, S., Zhang, X., & Zhu, T. (2024). Research progress in mining ecological restoration technology. *Journal of Industrial Safety*, 100004. <https://doi.org/10.1016/j.jinse.2024.100004>
- Xu, J. (2020). Research and progress of coal mine green mining in 20 years. *Coal Science and Technology*, 48(9), 1-15.
- Yu, H., Zahidi, I., Fai, C. M., Liang, D., & Madsen, D. Ø. (2024). Elevating community well-being in mining areas: the proposal of the mining area sustainability index (MASI). *Environmental Sciences Europe*, 36(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00895-9>
- Zeng, J., Dai, X., Li, W., Xu, J., Li, W., & Liu, D. (2024). Quantifying the Impact and Importance of Natural, Economic, and Mining Activities on Environmental Quality Using the PIE-Engine Cloud Platform: A Case Study of Seven Typical Mining Cities in China. *Sustainability*, 16(4), 1447. <https://doi.org/10.3390/su16041447>