

Interpretive Structural Modeling Dalam Membangun Kebijakan Mitigasi Risiko Tambang : Pembelajaran Dari Koto Alam

Suci Mardiyah^{1*}, Aldri Frinaldi², Rembrandt³, Dasman Lanin⁴

¹ Program Studi Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Negeri Padang, Indonesia

² Administrasi Publik Universitas Negeri Padang, Indonesia

³ Fakultas Hukum Universitas Negeri Padang, Indonesia

⁴ Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang, Indonesia

Alamat: Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar - Padang

Korespondensi penulis: sucimardiyahpdg@gmail.com

Abstract. *This study aims to formulate mining risk mitigation policies in Nagari Koto Alam using the Interpretive Structural Modeling (ISM) approach. Nagari Koto Alam, located in Lima Puluh Kota Regency, faces significant challenges due to mining activities, including environmental degradation, landslides, and social conflicts. The ISM method is employed to analyze key elements influencing risk mitigation, such as government policies, community participation, and environmental management. Data were collected through literature reviews, field observations, and interviews with stakeholders, including local authorities, mining companies, and the local community. The results reveal that weak regulatory enforcement and insufficient reclamation efforts are the primary causes of risks. By mapping the relationships among elements hierarchically, this study identifies priority interventions, such as community education, stricter regulatory enforcement, and the implementation of sustainable mining practices. The recommendations provide a foundation for balancing economic benefits with environmental protection and community well-being.*

Keywords: *Mining risks, Interpretive Structural Modeling, Risk mitigation*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan kebijakan mitigasi risiko tambang di Nagari Koto Alam menggunakan pendekatan Interpretive Structural Modeling (ISM). Nagari Koto Alam yang terletak di Kabupaten Lima Puluh Kota menghadapi tantangan besar akibat aktivitas tambang, termasuk kerusakan lingkungan, longsor, dan konflik sosial. Metode ISM digunakan untuk menganalisis elemen-elemen kunci yang memengaruhi mitigasi risiko, seperti kebijakan pemerintah, partisipasi masyarakat, dan pengelolaan lingkungan. Data dikumpulkan melalui kajian literatur, observasi lapangan, dan wawancara dengan pemangku kepentingan, termasuk pemerintah daerah, perusahaan tambang, dan masyarakat setempat. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa lemahnya pengawasan regulasi dan kurangnya upaya reklamasi menjadi faktor utama penyebab risiko. Melalui pemetaan hubungan antar elemen secara hierarkis, penelitian ini mengidentifikasi intervensi prioritas, seperti edukasi masyarakat, penegakan regulasi yang lebih ketat, dan penerapan praktik tambang berkelanjutan. Rekomendasi yang dihasilkan memberikan dasar untuk menyeimbangkan keuntungan ekonomi dengan perlindungan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

Kata kunci: Risiko tambang, Interpretive Structural Modeling, Mitigasi Risiko

1. LATAR BELAKANG

Nagari Koto Alam terletak di Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. Lokasi ini berada pada koordinat sekitar 0°19'40" LS hingga 0°16'15" LS dan 100°41'20" BT hingga 100°41'50" BT. Nagari Koto Alam merupakan salah satu dari enam nagari di wilayah ini dengan luas mencapai 42,75 km². Topografi daerah ini didominasi oleh perbukitan yang merupakan bagian dari jajaran Bukit Barisan (Nelvi et al., 2023).

Secara hidrologis, Nagari Koto Alam dialiri oleh tiga sungai utama, yaitu Batang Lui, Sungai Air Gadang, dan Sungai Air Koto Lamo. Sungai-sungai ini berperan penting sebagai sumber air untuk kebutuhan pertanian dan rumah tangga, namun aktivitas penambangan sering kali mengganggu aliran air. Wilayah ini beriklim tropis dengan suhu rata-rata berkisar antara 24 hingga 30 derajat Celsius, bergantung pada musim. Curah hujan yang tinggi akibat topografi pegunungan menjadikan daerah ini subur tetapi juga rentan terhadap bencana seperti banjir dan tanah longsor.

Nagari Koto Alam memiliki peran strategis sebagai jalur transportasi dan perdagangan yang menghubungkan Provinsi Sumatera Barat dan Riau. Namun, aktivitas tambang sering memicu longsor yang menyebabkan kerusakan pada infrastruktur jalan, sehingga mengganggu mobilitas masyarakat dan perdagangan. Potensi sumber daya alam Nagari Koto Alam cukup melimpah, khususnya batuan andesit, yang menjadi komoditas utama dalam sektor pertambangan. Perusahaan tambang seperti PT. Hasaba Global Materindo, PT. Koto Alam Sejahtera, PT. Dempo Bangun Mitra, dan beberapa perusahaan lainnya aktif beroperasi di wilayah ini. Akan tetapi, tingginya potensi bencana seperti longsor dan banjir menjadikan aktivitas tambang menimbulkan dilema antara keuntungan ekonomi dan risiko bagi lingkungan serta masyarakat.

Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 mengenai Pertambangan Mineral dan Batubara (Minerba) mengamanatkan bahwa pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) wajib melakukan reklamasi dan pemulihan lahan pasca tambang. Pemerintah pusat juga memiliki kewenangan lebih dalam pengelolaan tambang besar untuk memastikan tata kelola yang baik. Namun, dalam praktiknya, kewajiban reklamasi pasca tambang sering diabaikan karena perusahaan dan masyarakat lebih berfokus pada keuntungan ekonomi (Undang-Undang Republik Indonesia, 2020). Peraturan Pemerintah Nomor 96 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara mengatur prosedur pemberian Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) dan Izin Usaha Pertambangan Khusus (IUPK) (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Jika pemberian izin dilakukan sesuai prosedur dan perusahaan tidak beroperasi secara bebas, risiko dari aktivitas tambang dapat diminimalkan. Salah satu dampak terbesar dari aktivitas tambang di Nagari Koto Alam adalah kerusakan lingkungan. Aktivitas seperti peledakan batuan mengganggu struktur tanah, meningkatkan risiko longsor, dan merusak kondisi jalan yang digunakan oleh masyarakat.

Dampak sosial akibat aktivitas tambang juga signifikan. Permasalahan terkait kompensasi dari perusahaan kerap muncul karena masyarakat merasa dirugikan tanpa adanya ganti rugi yang layak (Dilapanga et al., 2023). Konflik sosial terjadi karena warga tidak dilibatkan dalam pengambilan keputusan terkait izin operasi tambang. Minimnya pemahaman tentang dampak jangka panjang dari tambang memperburuk situasi ini. Salah satu faktor utama yang memperburuk keadaan adalah lemahnya pengawasan regulasi. Izin tambang sering diberikan tanpa analisis mendalam terhadap potensi dampak sosial dan lingkungan. Pemerintah daerah dinilai belum optimal dalam mengawasi aktivitas tambang, termasuk memastikan reklamasi lahan pasca tambang. Akibatnya, tidak ada upaya mitigasi yang memadai untuk mengatasi kerusakan lingkungan.

Kerusakan ekosistem lokal akibat penambangan mencakup gangguan kestabilan tanah, kerusakan flora dan fauna, serta peningkatan risiko longsor. Studi stabilitas lereng menunjukkan indeks keamanan yang rendah ($FK < 1$), yang mengindikasikan kemungkinan longsor yang tinggi jika kondisi tambang tidak diperbaiki. Selain itu, pencemaran air dan udara juga menjadi masalah serius (Aisah & Gofar, 2022). Limbah tambang mencemari sumber air yang digunakan masyarakat, sementara debu dan polusi dari alat berat berdampak negatif terhadap kualitas udara dan kesehatan warga.

Penelitian ini menjadi penting untuk menyelesaikan permasalahan tersebut melalui pendekatan Interpretive Structural Modeling (ISM) yang menganalisis elemen-elemen yang memengaruhi mitigasi risiko bencana akibat aktivitas tambang (Ahmad & Qahmash, 2021). Selain itu, penelitian ini akan memberikan rekomendasi untuk tata kelola pertambangan yang lebih berkelanjutan, sehingga keseimbangan antara keuntungan ekonomi, perlindungan lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat dapat tercapai.

2. KAJIAN TEORITIS

Penelitian ini menggunakan berbagai konsep dan teori yang mendukung pemahaman mengenai eksploitasi sumber daya alam, kerusakan lingkungan, risiko bencana, dan konflik sosial yang terjadi di Nagari Koto Alam. Salah satu teori yang relevan adalah teori ekonomi sumber daya alam yang dikemukakan oleh Hotelling (Mukhyi, 2024). Teori ini menjelaskan bahwa pemanfaatan sumber daya alam yang terbatas harus dilakukan secara efisien agar memberikan manfaat ekonomi yang optimal dalam jangka panjang. Ketidakseimbangan dalam pengelolaan, seperti eksploitasi batuan andesit tanpa memperhatikan aspek keberlanjutan, akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

Setiap ekosistem memiliki kapasitas maksimum untuk menopang aktivitas manusia. Apabila daya dukung lingkungan terlampaui, akan terjadi degradasi seperti kerusakan tanah, pencemaran air, dan meningkatnya kerentanan terhadap bencana. Aktivitas tambang di Nagari Koto Alam telah melampaui daya dukung ini, sehingga menyebabkan gangguan stabilitas tanah dan meningkatkan risiko bencana seperti longsor. Risiko bencana di Nagari Koto Alam dapat dianalisis melalui Pressure and Release Model (PAR) (Tshiswaka-Tshilumba & Nagamatsu, 2024). Model ini mengidentifikasi risiko bencana sebagai hasil dari kombinasi antara bahaya alam dan kerentanan sosial. Aktivitas tambang yang menyebabkan perubahan struktur tanah meningkatkan ancaman tanah longsor. Di sisi lain, minimnya upaya mitigasi dan ketidaksiapan masyarakat memperburuk kerentanan tersebut, sehingga kawasan ini menjadi lebih rentan terhadap bencana.

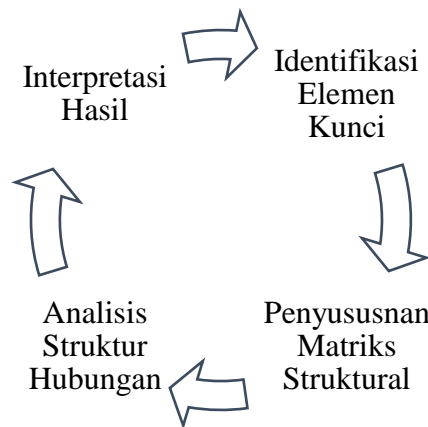
Dalam aspek tata kelola sumber daya alam, konsep good governance menekankan pentingnya transparansi, akuntabilitas, partisipasi, dan efektivitas dalam pengelolaan sumber daya (Beshi & Kaur, 2020). Namun, dalam praktiknya, lemahnya pengawasan pemerintah dan minimnya keterlibatan masyarakat dalam pengambilan keputusan terkait izin tambang telah memicu konflik sosial. Ketidaksepakatan mengenai kompensasi dan dampak lingkungan memperburuk hubungan antara perusahaan tambang dan warga, sehingga prinsip tata kelola yang baik belum sepenuhnya diterapkan.

Pembangunan berkelanjutan menjadi pendekatan penting dalam penelitian ini yang menekankan perlunya keseimbangan antara kepentingan ekonomi, perlindungan lingkungan, dan kesejahteraan sosial. Dalam konteks Nagari Koto Alam, aktivitas tambang memberikan manfaat ekonomi jangka pendek, tetapi merusak lingkungan dan meningkatkan risiko bencana. Oleh karena itu, penerapan reklamasi lahan pascatambang dan mitigasi risiko bencana harus menjadi prioritas dalam mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan. Pendekatan Interpretive Structural Modeling (ISM) digunakan dalam penelitian ini untuk memahami hubungan antar elemen yang memengaruhi mitigasi risiko bencana (Sarkar et al., 2021). Pendekatan ini memungkinkan pemetaan faktor-faktor kunci seperti kebijakan pemerintah, partisipasi masyarakat, dan pengelolaan lingkungan, serta menganalisis hierarki pengaruh antar elemen tersebut. Melalui pendekatan ini, solusi yang lebih efektif dan sistematis dalam mitigasi risiko bencana dapat dirumuskan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Interpretive Structural Modeling (ISM) untuk menyusun mitigasi risiko aktivitas tambang yang terarah dan terstruktur. Metode ini merupakan teknik pemodelan berbasis komputer yang digunakan untuk menganalisis serta menyelesaikan elemen-elemen dalam suatu sistem yang kompleks. ISM memungkinkan pemetaan hubungan antar elemen dalam bentuk struktur hierarkis yang sistematis sehingga elemen-elemen kunci yang memengaruhi suatu permasalahan dapat diidentifikasi dengan jelas (Sorooshian et al., 2023).

Dalam penelitian ini, ISM digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap risiko bencana akibat aktivitas tambang di Nagari Koto Alam. Pendekatan ini memberikan pemahaman tentang elemen-elemen yang saling berkaitan dan tingkat pengaruhnya terhadap sistem secara keseluruhan. Dengan mengetahui elemen yang paling berpengaruh, strategi mitigasi risiko dapat dirancang secara efektif dan terstruktur. Tahapan Penelitian dengan ISM.



Gambar 1. Alur Proses Penelitian

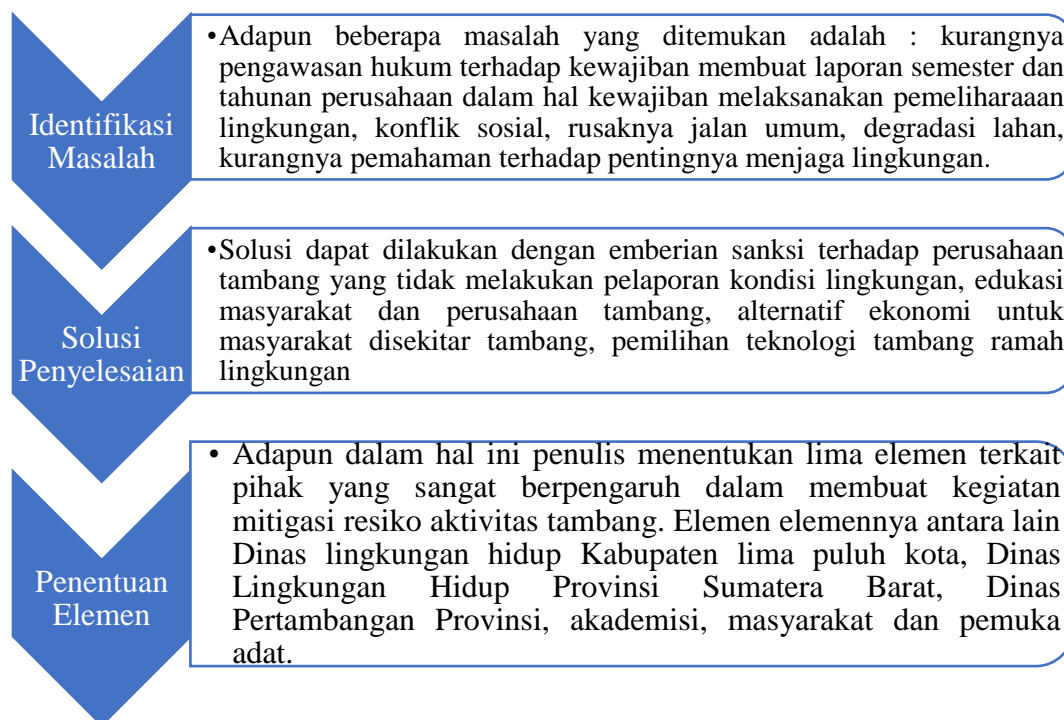
Gambar 1. Diatas menjelaskan alur penelitian yang dimulai dari Identifikasi Elemen Kunci. Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan elemen-elemen yang berhubungan dengan aktivitas tambang dan risiko bencana. Identifikasi dilakukan melalui studi pustaka, observasi lapangan, dan wawancara dengan pihak-pihak terkait. Tahap kedua Penyusunan Matriks Struktural untuk memetakan hubungan antar elemen yang telah diidentifikasi. Matriks ini membantu menentukan tingkat keterkaitan antar elemen dalam sistem yang dianalisis. Tahap ketiga Analisis Struktur Hubungan antar elemen divisualisasikan dalam bentuk diagram hierarki. Diagram ini menunjukkan elemen-elemen yang memiliki pengaruh dominan dan elemen-elemen yang dipengaruhi dalam sistem tersebut. Tahap akhir yaitu Interpretasi Hasil

dari analisis ISM untuk memahami elemen yang memiliki peran kunci dalam risiko aktivitas tambang. Elemen-elemen tersebut menjadi prioritas utama dalam penyusunan strategi mitigasi risiko.

Pendekatan sistem dengan ISM mampu mengidentifikasi elemen-elemen yang paling berpengaruh dalam suatu permasalahan, sehingga solusi yang dihasilkan lebih sistematis dan berbasis pada prioritas. Dalam penelitian ini, ISM diterapkan untuk memahami pengaruh faktor-faktor seperti kebijakan pemerintah, stabilitas lingkungan, partisipasi masyarakat, dan pengelolaan sumber daya tambang. Hasil analisis ISM akan menghasilkan struktur hierarkis yang mengidentifikasi elemen-elemen kunci yang perlu ditangani secara prioritas. Melalui pendekatan ini, mitigasi risiko dapat disusun secara lebih terarah dan berbasis pada elemen yang paling memengaruhi terjadinya bencana. Dengan demikian, metode ISM memungkinkan penyusunan strategi mitigasi risiko yang tidak hanya sistematis, tetapi juga mempertimbangkan keterkaitan antar elemen. Pendekatan ini diharapkan dapat mendukung pengelolaan sumber daya alam yang lebih berkelanjutan di Nagari Koto Alam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari beberapa permasalahan aktivitas tambang di nagari Koto Alam, Kecamatan Pangkalan Provinsi Sumatera Barat, maka proses penyelesaian dapat dilihat pada bagan berikut:

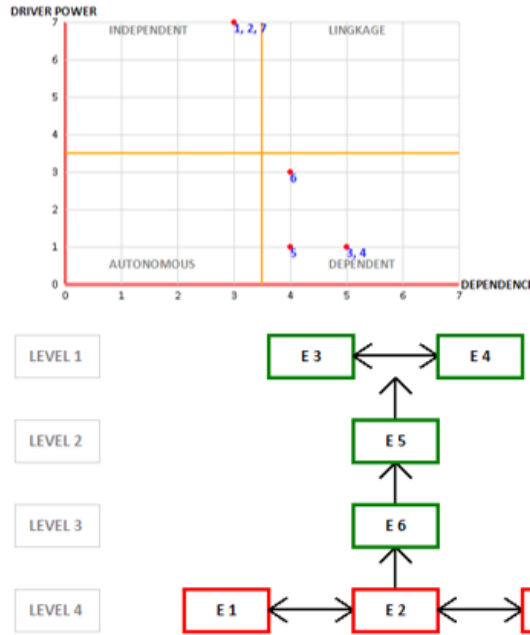


Gambar 2. Bagan Penyelesaian Permasalahan Aktivitas Tambang

Dari Gambar 2. Diatas maka telah dilakukan model ISM terhadap enam pakar dengan hasil sebagai berikut:

1. Pakar Ketua Teknik Tambang PT. Koto Alam Sejahtera. Hasil dari hasil pakar 1 yang merupakan KTT dar PT. KAS diperoleh nilai inkonsistensinya 26, 53%, yang melebihi batas ambang inkonsistensi pada angka 20%, sehingga hasil analisis belum dapat kita gunakan.
2. Pakar HRD PT. Atika Tunggal Mandiri (ATM). Hasil dari pakar 2 yang merupakan HRD dari PT. ATM diperoleh inkonsistensinya 28, 57%, yang melebihi batas ambang inkonsistensi pada angka 20%, sehingga hasil analisis belum dapat kita gunakan
3. Akademisi. Hasil dari pakar 3 yang merupakan Akademisi diperoleh inkonsistensinya 30,61 yang melebihi batas ambang inkonsistensi pada angka 20%, sehingga hasil analisis belum dapat kita gunakan
4. Pemuka Adat nagari Koto Alam. Hasil dari pakar 4 yang merupakan pemuka adat nagari Koto Alam diperoleh inkonsistensinya 18,37% yang berada dibawah batas ambang inkonsistensi pada angka 20%, sehingga hasil analisis dapat kita gunakan.
5. Dinas Lingkungan hidup 50 Kota. Hasil dari pakar 5 yang merupakan praktisi di Dinas Lingkungan hidup kabupaten 50 kota diperoleh inkonsistensinya 2,04% yang berada dibawah batas ambang inkonsistensi pada angka 20%, sehingga hasil analisis dapat kita gunakan.
6. Masyarakat. Hasil dari pakar 5 yang merupakan masyarakat dikawasan nagari koto alam kecamatan pangkalan Kabupaten 50 kota diperoleh inkonsistensinya 8,16% yang berada dibawah batas ambang inkonsistensi pada angka 20%, sehingga hasil analisis dapat kita gunakan.

Dari penjelasan hasil analisis elemen dengan metode ISM pada masing-masing pakar, diperoleh hasil yang berbeda beda inkonsistensinya, sehingga sangat mempengaruhi hasilnya terkait elemen elemen yang paling berpengaruh dan lokasi elemen yang berada rata rata dikuadran tiga, dengan artinya elemen tersebut kurang mempengaruhi. Dengan hasil tersebut maka penulis mengambil hasil agregat dari hasil ism masing-masing elemen sebagai berikut:



Gambar 3. Hasil Analisis Agregat

Dari hasil analisis agrerat masing masing elemen diatas dapat digunakan karena inkosistensinya 8,16 % yang berada dibawah ambang batas 20%. Dari grafik diatas diketahui elemen 1, 2, 7 berada di kuadran 4, yang berada pada posisi independent, sehingga E1 (Dinas lingkungan hidup 50 kota), E2 (Dinas lingkungan hidup Provinsi), dan E7 (Dinas Pertambangan Provinsi mempunyai pengaruh kuat dan daya dukung yang tinggi pada elemen lainnya. Analisis dari masing masing level diketahui Dinas lingkungan hidup 50 Kota, Dinas lingkungan hidup provinsi sumatera barat serta dinas pertambangan provinsi sumatera barat mempunyai daya dukung yang kuat untuk melaksanakan mitigasi resiko terhadap aktivitas tambang di nagari koto alam. Ketiga elemen ini akan mendukung E6 (pemuka adat) dalam melaksanakan mitigasi resiko, selanjutnya mendukung akademisi untuk membuat model mitigasi resiko dan mendukung direktur tambang dan masyarakat dalam melaksanakan aktivitas penambangan dengan baik dan tepat sesuai dengan ketentuan Undang Undang yang berlaku.

Selanjutnya hasil dari ISM untuk mitigasi resiko dalam aktivitas penambangan di nagari Koto Alam elemen yang mempengaruhi dan mempunyai daya dukung yang kuat adalah Dinas lingkungan hidup 50 Kota, Dinas lingkungan hidup provinsi sumatera barat serta dinas pertambangan provinsi sumatera barat. Untuk mewujudkan mitigasi resiko terhadap aktivitas penambangan dapat dilakukan sebagai berikut Edukasi Perusahaan dan masyarakat terkait pentingnya keberlanjutan lingkungan, Penerapan Punishment terhadap perusahaan yang tidak

membuat laporan semester dan tahunan terhadap upaya pengelolaan pasca tambang, Penggunaan inovasi peralatan tambang yang ramah lingkungan, Adanya ekonomi alternative bagi masyarakat disekitar tambang dan Melakukan monitoring dan evaluasi terhadap aktivitas penambangan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aktivitas pertambangan di Nagari Koto Alam menghadirkan berbagai tantangan serius, seperti kerusakan lingkungan, peningkatan risiko tanah longsor, dan konflik sosial. Permasalahan ini terutama disebabkan oleh lemahnya pengawasan regulasi serta minimnya pelaksanaan reklamasi oleh perusahaan tambang. Selain itu, rendahnya keterlibatan masyarakat dalam proses pengambilan keputusan terkait kebijakan tambang turut memperburuk situasi. Dengan menggunakan pendekatan Interpretive Structural Modeling (ISM), penelitian ini berhasil mengidentifikasi elemen-elemen utama yang memengaruhi mitigasi risiko, termasuk kebijakan pemerintah, partisipasi masyarakat, dan pengelolaan lingkungan. Analisis hubungan antar elemen menyoroti pentingnya edukasi, penegakan peraturan, serta penerapan praktik tambang yang berkelanjutan sebagai langkah strategis untuk mengurangi risiko.

Rekomendasi yang dihasilkan dari penelitian ini memberikan landasan untuk merumuskan kebijakan yang mampu menyeimbangkan manfaat ekonomi dengan perlindungan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat. Implementasi kebijakan yang berbasis hasil penelitian ini diharapkan dapat mendorong pengelolaan pertambangan yang lebih bertanggung jawab dan berkelanjutan di masa mendatang.

DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, N., & Qahmash, A. (2021). Smartism: Implementation and assessment of interpretive structural modeling. *Sustainability* (Switzerland, 13(16). <https://doi.org/10.3390/su13168801>
- Aisah, E., & Gofar, N. (2022). Studi pengaruh curah hujan terhadap stabilitas lereng menggunakan program Perisi. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 18(2), 133–147. <https://doi.org/10.25077/jrs.18.2.133-147.2022>
- Beshi, T. D., & Kaur, R. (2020). Public trust in local government: Explaining the role of good governance practices. *Public Organization Review*, 20(2), 337–350. <https://doi.org/10.1007/s11115-019-00444-6>

Dilapanga, H., Masinambow, V. A. J., & Kawung, G. M. V. (2023). Dampak pertambangan batuan terhadap sosial ekonomi masyarakat di sekitar kawasan pertambangan (Desa Kobo Kecil dan Desa Bungko). *Jurnal Pembangunan Ekonomi dan Keuangan Daerah*, 24(3).

Mukhyi, M. A. (2024). *Teori ekonomi* (Cetakan 1). PT Media Penerbit Indonesia.

Nelvi, A., Rahmi, H., Amsya, M. R., Fadhly, A., Nofriadiman, N., Elmawati, E., Ervil, R., & Syahyuda, M. N. (2023). Sosialisasi potensi dan peluang kerja di Kabupaten Lima Puluh Kota. *Nusantara Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(4), 125–135. <https://doi.org/10.55606/nusantara.v3i4.1936>

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2021.

Sarkar, A., Qian, L., Peau, A. K., & Shahriar, S. (2021). Modeling drivers for successful adoption of green business: An interpretive structural modeling approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 1077–1096. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10490-z>

Sorooshian, S., Tavana, M., & Ribeiro-Navarrete, S. (2023). From classical interpretive structural modeling to total interpretive structural modeling and beyond: A half-century of business research. *Journal of Business Research*, 157, 113642. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113642>

Tshiswaka-Tshilumba, C., & Nagamatsu, S. (2024). Understanding the compound risk context of Goma City through the Pressure and Release Model. *Journal of Disaster Research*, 19(4), 656–665. <https://doi.org/10.20965/jdr.2024.p0656>

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020.