

MICROSEISMIC MONITORING SYSTEM DAN ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY DALAM MEKANISME PEMULIHAN KERUSAKAN LINGKUNGAN AKIBAT PERTAMBANGAN ILEGALGhina Nabila¹, Kms. M. Galfadillah Akbar Zabril²Email: 1ghina22010@mail.unpad.ac.id, 2kms22001@mail.unpad.ac.id
Fakultas Hukum, Universitas Padjadjaran**Abstract**

This study examines the role of the Microseismic Monitoring System (MMS) and the principle of environmental responsibility in preventing and restoring environmental damage caused by illegal mining activities in Indonesia. The research employs a normative juridical approach with descriptive-analytical specifications based on a literature review of primary, secondary, and tertiary legal materials concerning mining and environmental protection. The findings reveal that illegal mining remains a significant environmental challenge due to weak supervision, limited compliance with reclamation obligations, and ineffective law enforcement. MMS is a sensor-based microseismic technology capable of detecting underground mining activities in real time, thereby strengthening governmental supervision, improving law enforcement effectiveness, and preventing environmental degradation at an early stage. Furthermore, the principle of environmental responsibility emphasizes that mining operators must bear responsibility for environmental impacts through rehabilitation, reclamation, restoration, and ecosystem recovery in accordance with the polluter pays principle. The integration of MMS technology with stronger environmental liability regulations provides complementary preventive and corrective mechanisms for sustainable mining governance. Therefore, reinforcing policies that support MMS implementation and establishing explicit legal obligations for environmental restoration by illegal mining operators are essential to achieving effective environmental protection, ensuring sustainable natural resource management, and strengthening accountability in Indonesia's mining sector.

Keywords: Microseismic Monitoring System, environmental responsibility, illegal mining, environmental damage, mining supervision.

Abstrak**Article History**Received: Februari 2026
Reviewed: Februari 2026
Published: Februari 2026**Copyright : Author**
Publish by : CAUSA

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Penelitian ini bertujuan menganalisis peran Microseismic Monitoring System (MMS) dan prinsip environmental responsibility dalam mekanisme pencegahan serta pemulihan kerusakan lingkungan akibat pertambangan ilegal di Indonesia. Penelitian menggunakan metode yuridis normatif dengan spesifikasi deskriptif-analitis melalui studi kepustakaan terhadap bahan hukum primer, sekunder, dan tersier yang berkaitan dengan pertambangan serta perlindungan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertambangan ilegal masih menjadi ancaman serius karena lemahnya pengawasan, rendahnya kepatuhan terhadap kewajiban reklamasi, dan belum optimalnya penegakan hukum. MMS merupakan teknologi berbasis sensor mikroseismik yang mampu mendeteksi aktivitas penambangan secara real time sehingga dapat memperkuat fungsi pengawasan pemerintah, meningkatkan efektivitas penegakan hukum, serta mencegah kerusakan lingkungan sejak tahap awal. Di sisi lain, penerapan prinsip environmental responsibility menegaskan bahwa pelaku pertambangan wajib bertanggung jawab atas dampak lingkungan melalui rehabilitasi, reklamasi, restorasi, dan pemulihan ekosistem sesuai prinsip polluter pays. Integrasi teknologi MMS dengan penguatan regulasi mengenai tanggung jawab lingkungan memberikan pendekatan preventif dan represif yang saling melengkapi dalam pengelolaan pertambangan berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan penguatan kebijakan yang mengakomodasi penggunaan MMS dan pengaturan tegas mengenai kewajiban pemulihan lingkungan bagi pelaku pertambangan ilegal guna mewujudkan perlindungan lingkungan yang efektif dan berkelanjutan.

Kata kunci: Microseismic Monitoring System, environmental responsibility, pertambangan ilegal, kerusakan lingkungan, pengawasan pertambangan

PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada wilayah pertemuan lempeng aktif, yakni Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australia. Faktor geologis ini menjadikan Indonesia sebagai penghasil berbagai macam mineral tambang di bawah lempeng bumi dengan nilai kekayaan cadangan Mineral dan Batubara (Minerba) sebesar US\$ 3,11-3,91 triliun pada tahun 2023.¹ Kekayaan tersebut dapat diperoleh melalui kegiatan pertambangan. Pertambangan di dalam Pasal 1 Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Minerba (UU Minerba) diartikan sebagai sebagian atau keseluruhan proses

¹ Verda Nano Setiawan, "RI Kaya Minerba, Tapi Baru Sumbang US\$ 47 M ke Kantong Negara", CNBC Indonesia, 2 Februari 2024, <https://www.cnbcindonesia.com/news/20240202175629-4-511282/ri-kaya-minerba-tapi-baru-sumbang-us--47-m-ke-kantong-negara>, diakses tanggal 27 Agustus 2024

penyelidikan, eksplorasi, pengelolaan, penambangan, pemurnian, pemanfaatan, dan pasca tambang terhadap Minerba.

Meskipun terdengar menguntungkan, pada faktanya masih terdapat beragam polemik yang identik dengan kegiatan pertambangan. Permasalahan yang umum terjadi adalah maraknya kegiatan pertambangan ilegal atau tanpa izin resmi. Dalam pranata hukum Indonesia, proses pertambangan hanya dapat dilakukan apabila telah memperoleh Izin Usaha Pertambangan (IUP). Pasal 96 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara sebagaimana terakhir kali diubah melalui Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2025 tentang Perubahan Keempat atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara (UU Minerba) menjelaskan bahwa pemegang IUP wajib melaksanakan pengelolaan lingkungan, reklamasi pascatambang, hingga upaya konservasi mineral dan batubara. Ketentuan tersebut dengan mudah dikesampingkan oleh aktivitas pertambangan ilegal sehingga berdampak buruk bagi lingkungan.

Kegiatan pertambangan ilegal pada akhirnya berakibat fatal bagi keselamatan lingkungan. Kegiatan pertambangan secara umum menggunakan metode yang merusak lingkungan, seperti *drilling* dan *blasting*. *Drilling* merupakan tahap terpenting dalam eksplorasi, selain untuk menggali tanah, *drilling* dilakukan untuk menemukan data geologi yang mendalam, memahami struktur bawah tanah, dan mengevaluasi potensi mineral yang ada. Selanjutnya, terdapat teknik *Blasting* yang merupakan pemanfaatan daya ledakan untuk mengubah topografi dan membuka ruang bagi proses penambangan sehingga meningkatkan efisiensi operasional. Metode ini tentu sangat berbahaya apabila pelaku kegiatan pertambangan melakukan aktivitasnya secara ilegal sehingga tidak melaksanakan kewajiban untuk memulihkan kembali kerusakan alam yang timbul.

Permasalahan mengenai pertambangan ilegal dan merusak lingkungan akan memberi dampak yang sangat buruk bagi kehidupan apabila tidak ditangani. Maka dari itu, diperlukan mekanisme yang dapat mencegah dan melakukan mitigasi terhadap kegiatan pertambangan ilegal yang merusak lingkungan. Salah satu upaya yang dapat diterapkan untuk sebagai langkah preventif adalah penggunaan *Microseismic Monitoring System* (MMS). MMS merupakan teknologi berbasis sensor yang dapat mendeteksi adanya aktivitas tambang ilegal sehingga memudahkan aparat yang berwajib untuk memberantas para pelaku. Teknologi ini juga dapat memberikan kepastian hukum agar kegiatan pertambangan dilakukan berdasarkan IUP.

Selain pemanfaatan teknologi, diperlukan pula penerapan Prinsip Pertanggungjawaban Lingkungan (*environmental responsibility*) di mana pelaku kegiatan pertambangan wajib bertanggung jawab untuk meminimalisasi dampak yang ditimbulkan dari kegiatan pertambangan. Prinsip ini sejalan dengan *Polluters Pay Principle* yang dikemukakan oleh Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) yang mewajibkan pelaku pencemaran untuk menanggung segala biaya meliputi pencegahan pencemaran, maupun perbaikan atas kerusakan yang ditimbulkan pelaku.² Pelaksanaan prinsip tersebut dapat menjadi tolok ukur kepatuhan pelaku kegiatan pertambangan tetap dapat melakukan

² Nadia Astriani. 2022. Pengantar Hukum Lingkungan. Unpad Press. Hlm. 49.

aktivitasnya atau harus dilakukan pencabutan IUP.³ Dengan demikian, diperlukan analisis secara komprehensif untuk membahas penerapan teknologi MMS dan prinsip *environmental responsibility* untuk mencegah kegiatan pertambangan ilegal yang merusak lingkungan.

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dilakukan analisis lebih lanjut, yaitu:

1. Bagaimana penggunaan teknologi MMS sebagai alat pengawasan dalam rangka mencegah kegiatan pertambangan ilegal?
2. Bagaimana penerapan prinsip *environmental responsibility* dapat menjadi landasan pertanggungjawaban agar kegiatan pertambangan tidak merusak lingkungan?

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah metode pendekatan yuridis normatif dengan spesifikasi penelitian bersifat deskriptif analitis. Teknik pengumpulan data menggunakan teknik studi kepustakaan yang akan menggunakan data sekunder berupa bahan hukum primer, sekunder, dan tersier berkaitan dengan pertambangan dan perlindungan lingkungan. Metode analisis data yang digunakan adalah yuridis kualitatif melalui interpretasi terhadap bahan hukum, lalu dijabarkan secara deskriptif guna memperoleh kesimpulan atas permasalahan yang menjadi objek penelitian.

PEMBAHASAN

A. Penggunaan Teknologi MMS sebagai Alat Pengawasan dalam Rangka Mencegah Kegiatan Pertambangan Ilegal

1. Teknologi MMS untuk mencegah kegiatan pertambangan ilegal

Meskipun telah diatur, upaya menjaga kestabilan lingkungan terkadang masih dihiraukan. Faktanya pengawasan yang dilakukan masih terbatas dan lemah sebagaimana dapat dilihat dari kerentanan konflik kepentingan terhadap proses penerbitan izin karena pejabat daerah yang diintervensi hubungan pribadi atau politik oleh pelaku usaha pertambangan. Hal tersebut berakibat fatal karena perusahaan yang memperoleh izin bisa saja kenyataannya tidak memenuhi syarat atau bahkan praktik penambangan tanpa izin semakin dilanggengkan.⁴ Pelaku kegiatan pertambangan tanpa izin/ilegal tidak terikat dengan kewajiban sebagai pemegang IUP, sehingga tidak terdapat kepastian akan adanya penjagaan dan pemulihan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, perlu ditetapkan suatu mekanisme mengenai pengawasan untuk mencegah permasalahan tersebut.

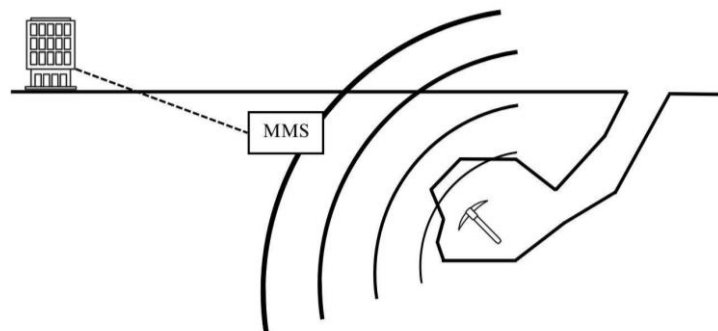
³ Caren April, Ronny A., Audi H. 2024. "Tinjauan Yuridis Mengenai Pencabutan Izin Usaha Pertambangan pada Perusahaan Tambang" *Lex Privatum* Vol. 13, No. 2. Hlm. 5-6.

⁴ Grahata Nagara, Ferdian Yazid, Gita Ayu Atikah. 2023. *Penilaian Risiko Korupsi Perizinan & Pengawasan Usaha Pertambangan di Indonesia*. Transparency International Indonesia. Hlm. 14.

Contoh penerapan program pengawasan terhadap aktivitas tambang tertuang dalam penelitian berjudul “Permeability Characteristics of Fractured Rock Mass: a Case Study of The Dongjiahe Coal Mine” yang dilakukan oleh Ke Ma, dkk. Pada penelitian ini dijelaskan teknis MMS yang umumnya digunakan untuk mendeteksi bahaya pada kegiatan pertambangan.⁵ Teknologi tersebut menggunakan mekanisme pendistribusian sensor yang menerima mikroseismik. Mikroseismik sebenarnya diartikan sebagai aktivitas gelombang seismik berukuran kecil yang memiliki kesamaan dengan proses gempa bumi, tetapi belum tentu dapat dirasakan oleh manusia.⁶ Kemudian, untuk alat mikroseismik sendiri memiliki kemampuan identifikasi terhadap suatu getaran dan mengukur secara langsung (*real time*) pergerakan yang terjadi pada tanah.⁷ Maka dari itu, alat mikroseismik umumnya digunakan untuk menganalisis probabilitas bencana yang akan terjadi berdasarkan getaran mikroseismik.

2. Cara kerja teknologi MMS

Selain digunakan untuk menganalisis ada atau tidaknya bencana, alat mikroseismik juga dapat dimanfaatkan sebagai “detektor” terhadap aktivitas pertambangan ilegal. Hal tersebut disebabkan aktivitas pertambangan yang ternyata juga menghasilkan getaran mikroseismik.⁸ Sebagaimana disebutkan sebelumnya bahwa alat tersebut dinamakan MMS. MMS memberikan kontribusi dalam efektivitas pelaksanaan fungsi pengawasan pertambangan yang diamanatkan oleh ketentuan terkait pertambangan.



Gambar 1 Ilustrasi cara kerja alat MMS

Ilustrasi di atas menggambarkan getaran mikroseismik yang diakibatkan dari kegiatan pertambangan dapat terdeteksi oleh MMS. Sinyal tersebut kemudian diidentifikasi dan dianalisis. Data hasil analisis tersebut nantinya akan dikirimkan ke sistem pemantauan yang

⁵ Ke Ma, dkk. 2020. “Permeability Characteristics of Fractured Rock Mass: a Case Study of The Dongjiahe Coal Mine”, Taylor & Francis Group. Vol. 11. No.1. hlm. 1726.

⁶ Nandi Haerudin, Fikri Alami, dan Rustadi. 2019. Mikroseismik, Mikrometer, dan Microearthquake dalam Ilmu Kebumihan. Pusaka Media. Hlm. 26.

⁷ Ibid.

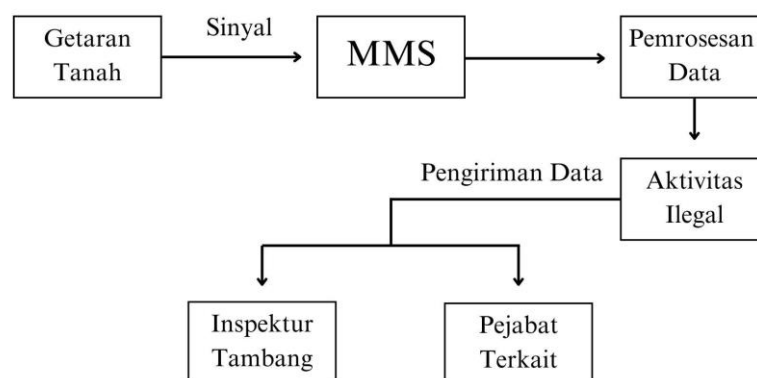
⁸ Tianhui Ma, dkk. 2020. "Microseismic Monitoring, Positioning Principle, and Sensor Layout Strategy of Rock Mass Engineering" Hindawi, Vol. 2020, Issue 1. Hlm. 2.

telah terintegrasi. MMS akan membantu pihak-pihak terkait pertambangan untuk dapat mengetahui adanya aktivitas ilegal yang tidak terdeteksi atau tidak terlihat sebelumnya.⁹

3. Mekanisme MMS dalam tujuan pengelolaan lingkungan

Penggunaan MMS dapat menjadi salah satu pengejawantahan kewajiban pengawasan terhadap kegiatan pertambangan sebagaimana Pasal 16 Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2010 tentang Pembinaan dan Pengawasan Penyelenggaraan Pengelolaan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara (PP No. 55 Tahun 2010) menyatakan pelaksanaan pengawasan atas kegiatan usaha pertambangan meliputi pengawasan terhadap teknis pertambangan, pengelolaan lingkungan hidup, pelaksanaan kegiatan agar sesuai dengan IUP, dan lain sebagainya.

Tertuang di dalam Pasal 28 ayat (2) PP No. 55 Tahun 2010, pengawasan terhadap pengelolaan lingkungan hidup dilakukan oleh inspektur tambang dan dapat berkoordinasi dengan pejabat pengawasan dalam lingkup lingkungan hidup. Pertambangan ilegal tentu akan merusak lingkungan hidup apabila dibiarkan begitu saja, sehingga memang perlu adanya pengawasan untuk mencegah kerusakan yang lebih parah lagi. Fungsi pengawasan tersebut dapat dilakukan dengan MMS agar nantinya pihak pertambangan, seperti inspektur tambang memiliki upaya preventif terhadap kerusakan lingkungan karena telah memecahkan permasalahan dari akarnya.



Gambar 2 Alur penerimaan data aktivitas ilegal

Ilustrasi di atas merupakan skema mekanisme penggunaan MMS untuk tujuan pengelolaan lingkungan. Melalui pengintegrasian sistem teknologi dan informasi, Inspektur tambang sebagai penanggung jawab kegiatan pertambangan dan pejabat terkait, baik gubernur, menteri, atau pejabat lainnya akan menerima data dari sinyal yang diterima oleh MMS. Data tersebut dapat menjadi landasan bagi inspektur tambang dan pejabat terkait untuk mengambil langkah

⁹ Ibid. Hlm. 3.

penanggulangan, sehingga penambang ilegal dapat diatasi dan pengelolaan lingkungan hidup dapat berjalan dengan lancar.

B. Penerapan Prinsip *Environmental Responsibility* sebagai Landasan Pertanggungjawaban agar Kegiatan Pertambangan Tidak Merusak Lingkungan

1. Prinsip *Environmental Responsibility* sebagai Langkah Mitigasi

Selain upaya preventif, langkah mitigasi juga perlu dilakukan untuk menangani persoalan kegiatan penambang ilegal yang telah lebih dulu berjalan. Meskipun telah dibentuk aturan dan sanksi, para penambang ilegal nyatanya masih tetap eksis. Hal tersebut dapat dilihat dari maraknya pertambangan ilegal di Samarinda karena lemahnya sanksi serta penegakan hukum, sehingga tidak terdapat efek jera.¹⁰ Lemahnya efek jera akan melahirkan semakin banyak kegiatan pertambangan ilegal. Permasalahan ini dapat menciptakan sebuah disrupsi di mana pertanggungjawaban atas pengelolaan lingkungan hidup akan semakin terabaikan. Prinsip pertanggungjawaban lingkungan (*environmental responsibility*) dapat menjadi jawaban atas persoalan tersebut karena menitikberatkan pada bagaimana bentuk pertanggungjawaban terhadap akibat yang terjadi dari tindakan yang dilakukan.

2. Pembentukan Aturan Pemulihan atas Kerusakan Lingkungan Akibat Kegiatan Pertambangan

Pasal 158 UU Minerba menyebutkan bahwasanya setiap orang yang melakukan penambangan tanpa izin akan dipidana selama lima tahun dan dikenakan denda paling banyak Rp100.000.000.000. Pasal ini merupakan bentuk penghukuman yang ditujukan pada penambang ilegal dengan mengacu kepada pemidanaan dan sanksi administrasi. Adapun aturan pertanggungjawaban atas kegiatan pertambangan seperti kewajiban reklamasi dan pascatambang hanya dilakukan oleh pemegang IUP atau IUPK. UU Minerba kurang memperhatikan pengaturan mengenai penambang ilegal terutama dalam pertanggungjawaban atas kegiatan pertambangan yang mereka lakukan. Pada dasarnya, pencemaran dan perusakan yang dilakukan setiap orang wajib untuk dilakukan pemulihan seperti Pasal 54 ayat (1) Undang-Undang Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan Hidup (UUPPLH). Pasal tersebut telah menyatakan bentuk pertanggungjawaban perusak lingkungan terhadap kerusakan lingkungan yang terjadi.

¹⁰ Ivanka Salsabila dan Aullia Vivi. 2023. "Tinjauan Yuridis Terhadap Tindak Pidana “Melakukan Usaha Pertambangan Tanpa Izin Usaha Penambangan” (Studi Putusan Nomor 312/Pid.Sus/2019/PN.Smr)". Yustisia Merdeka: Jurnal Ilmiah Hukum, Vol. 9, No. 1. Hlm. 7-8.

Spesifikasi yang terdapat pada UUPPLH seperti pada Pasal 54 ayat (2) yakni rehabilitasi yang berarti pengembalian fungsi Lingkungan Hidup serta pencegahan kerusakan dan memperbaiki ekosistem. Selanjutnya remediasi yakni pemulihan untuk perbaikan mutu Lingkungan Hidup, serta restorasi yang merupakan pemulihan untuk mengembalikan fungsi Lingkungan Hidup tidak dapat disamakan dengan mekanisme pemulihan yang diterapkan pada kegiatan pertambangan seperti reklamasi dan/atau pascatambang. Harus diatur pula secara konkret bahwasanya dengan adanya pemidanaan dan sanksi administratif pada UU Minerba tidak menghilangkan kewajiban atas pemulihan lingkungan dengan reklamasi dan/atau pascatambang.

Sehingga diperlukan upaya yang lebih efektif yang terdapat di luar maupun penambahan aturan dalam perundang-undangan dalam mengupayakan pemulihan akibat kegiatan pertambangan oleh penambang ilegal dengan bentuk Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan atau *Environmental Protection and Management*.

Prinsip ini *Environmental Protection and Management* umumnya digunakan oleh suatu badan usaha sebagai bentuk tanggung jawab atas akibat dari kegiatan mereka yang berdampak pada lingkungan hidup.¹¹ *Environmental Responsibility* telah mengajarkan bahwa setiap badan usaha dalam lingkup manapun yang memperoleh keuntungan dari eksploitasi sumber daya alam memiliki kewajiban meminimalisasi dampak yang mereka berikan. Bentuk manajemen dan perlindungan atas lingkungan ini merupakan kegiatan pertanggungjawaban penambang di luar sanksi pidana maupun administrasi. Langkah mudah dalam implementasinya adalah dengan cara:¹²

1. Penggunaan teknologi produksi yang lebih bersih
2. Mengurangi limbah dan emisi
3. Rehabilitasi lahan tambang

Demi mendukung upaya pemulihan lingkungan tersebut, diperlukan pula pembentukan aturan mengenai pertanggungjawaban dalam penegakan hukum wilayah bekas pertambangan. Indonesia dapat mengacu pada regulasi yang diatur oleh *Western Australian Current Acts SECT 155 Paragraph (3) Mining Act 1978* tentang *Offence of mining without authority*. Pada intinya ayat ini menegaskan bahwasanya setiap orang yang melakukan pelanggaran atas pertambangan tanpa izin tidak berarti dibebaskan dari kewajiban atau tanggung jawab lain yang mungkin

¹¹ Benedict Sheehy. 2023. "Environmental Responsibility". Encyclopedia of Sustainable Management, Hlm. 1.

¹² Greendevsolutions, "Best Practices in Responsible Mining, with 5 Examples from Asia", September 26, 2023, [https://greendevsolutions.com/responsible-mining-projects-in-asia/#:~:text=Mining%20companies%20should%20implement%20environmental,\(3\)%20rehabilitating%20mined%20land,](https://greendevsolutions.com/responsible-mining-projects-in-asia/#:~:text=Mining%20companies%20should%20implement%20environmental,(3)%20rehabilitating%20mined%20land,) diakses tanggal 3 September 2024.

ditimbulkannya karena melakukan penambangan tanpa izin. Dalam hal ini, dapat disimpulkan bahwa tanggung jawab yang ditimbulkan akibat pertambangan bersifat luas, mencakup pula tanggung jawab pembuangan limbah kegiatan pertambangan, reklamasi dan pascatambang.

KESIMPULAN

Merujuk pada penjelasan di atas, dapat ditarik beberapa konklusi, seperti penggunaan alat MMS dalam mekanisme pengawasan kegiatan pertambangan agar penambang ilegal dapat diatasi dan pengelolaan lingkungan hidup dapat berjalan dengan semestinya. Lebih lanjut, eksistensi *environmental responsibility* dapat menjadi jawaban atas pertanggungjawaban terhadap kerusakan yang ditimbulkan akibat kegiatan pertambangan. Prinsip tersebut dapat dituangkan ke dalam regulasi di Indonesia agar sanksi terhadap kegiatan pertambangan ilegal tidak hanya berupa pidana atau administrasi, tetapi terdapat pula pertanggungjawaban untuk memulihkan lingkungan yang telah diakibatkan dari kegiatan pertambangan ilegal tersebut. Oleh karena itu, penggunaan MMS dan *environmental responsibility* dapat melengkapi mekanisme pengelolaan lingkungan hidup, terutama penyelesaian permasalahan lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan pertambangan ilegal.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Grahat Nagara, Ferdian Yazid, Gita Ayu Atikah. 2023. *Penilaian Risiko Korupsi Perizinan & Pengawasan Usaha Pertambangan di Indonesia*. Transparency International Indonesia. Hlm. 14.
- Nadia Astriani. 2022. *Pengantar Hukum Lingkungan*. Unpad Press. Hlm. 49.
- Nandi Haerudin, Fikri Alami, dan Rustadi. 2019. *Mikroseismik, Mikrometer, dan Microearthquake dalam Ilmu Kebumihan*. Pusaka Media. Hlm. 26.

Jurnal

- Benedict Sheehy. 2023. "Environmental Responsibility". *Encyclopedia of Sustainable Management*.
- Caren April, Ronny A., Audi H. 2024. "Tinjauan Yuridis Mengenai Pencabutan Izin Usaha Pertambangan pada Perusahaan Tambang" *Lex Privatum* Vol. 13, No. 2.
- Ivanka Salsabila dan Aullia Vivi. 2023. "Tinjauan Yuridis Terhadap Tindak Pidana "Melakukan Usaha Pertambangan Tanpa Izin Usaha Penambangan" (Studi Putusan Nomor 312/Pid.Sus/2019/PN.Smr)". *Yustisia Merdeka: Jurnal Ilmiah Hukum*, Vol. 9, No. 1.

Ke Ma, dkk. 2020. "Permeability Characteristics of Fractured Rock Mass: a Case Study of The Dongjiahe Coal Mine", Taylor & Francis Group. Vol. 11. No.1.

Tianhui Ma, dkk. 2020. "Microseismic Monitoring, Positioning Principle, and Sensor Layout Strategy of Rock Mass Engineering" Hindawi, Vol. 2020, Issue 1.

Internet

Greendevsolutions, "Best Practices in Responsible Mining, with 5 Examples from Asia", September 26, 2023, [https://greendevsolutions.com/responsible-mining-projects-in-asia/#:~:text=Mining%20companies%20should%20implement%20environmental,\(3\)%20rehabilitating%20mined%20land](https://greendevsolutions.com/responsible-mining-projects-in-asia/#:~:text=Mining%20companies%20should%20implement%20environmental,(3)%20rehabilitating%20mined%20land)

Verda Nano Setiawan, "RI Kaya Minerba, Tapi Baru Sumbang US\$ 47 M ke Kantong Negara", CNBC Indonesia, 2 Februari 2024, <https://www.cnbcindonesia.com/news/20240202175629-4-511282/ri-kaya-minerba-tapi-baru-sumbang-us--47-m-ke-kantong-negara>