

## Analisis Kesiapan Tambang Skala Menengah Di Indonesia Dalam Menghadapi Transformasi Era Digitalisasi Untuk Mewujudkan *Smart Mining*

Ariel Putra RI<sup>1</sup>, Ruth Bunga Runggu<sup>2</sup>, Hendra Sani<sup>3</sup>

Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik , Universitas Pejuang Republik Indonesia, Indonesia

Email : arielputraaaa65@gmail.com

### Kata Kunci:

*Smart mining, Transformasi Digital, Kesiapan Digital, Pertambangan Skala Menengah, Digital Maturity Model,.*

### Abstrak

Pertambangan skala menengah di Indonesia menghadapi tantangan era digital, sehingga transformasi digital dan *smart mining* menjadi kebutuhan penting. Penelitian pada PT. Tambang Bumi Sulawesi bertujuan menilai kesiapan digital, mengidentifikasi faktor pendukung dan penghambat, serta merumuskan strategi menuju *smart mining*. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, kuesioner, dan studi literatur, lalu dianalisis dengan kerangka *Digital Readiness Assessment* dan *Digital Maturity Model (DMM)* secara kuantitatif dan kualitatif.

Penelitian menunjukkan kesiapan PT. Tambang Bumi Sulawesi berada pada tingkat Sedang (*Emerging–Defined*). Kekuatan utama ada pada pencatatan dan penyimpanan data digital serta dukungan manajemen, sedangkan kelemahan meliputi keterbatasan infrastruktur, literasi digital SDM rendah, minimnya IoT, dan ketiadaan *roadmap*. Rekomendasi meliputi penguatan infrastruktur, peningkatan kompetensi SDM, penyusunan strategi digital jangka panjang, serta optimalisasi ERP dan big data menuju *smart mining* berkelanjutan.

### Abstract

*Medium-scale mining in Indonesia faces challenges in the digital era, making digital transformation and smart mining essential. This study at PT. Tambang Bumi Sulawesi aims to assess digital readiness, identify supporting and inhibiting factors, and formulate strategies toward smart mining. Data were collected through observation, interviews, questionnaires, and literature review, then analyzed using the Digital Readiness Assessment and the Digital Maturity Model (DMM) with both quantitative and qualitative approaches.*

*The findings indicate that PT. Tambang Bumi Sulawesi is at a Moderate level (Emerging–Defined) of digital readiness. Its main strengths include digital record-keeping, data storage systems, and management support, while weaknesses lie in limited infrastructure, low digital literacy among employees, minimal IoT utilization, and the absence of a digital roadmap. Recommendations include strengthening infrastructure, improving human resource competencies, developing a long-term digital strategy, and optimizing ERP and big data to achieve sustainable smart mining.*

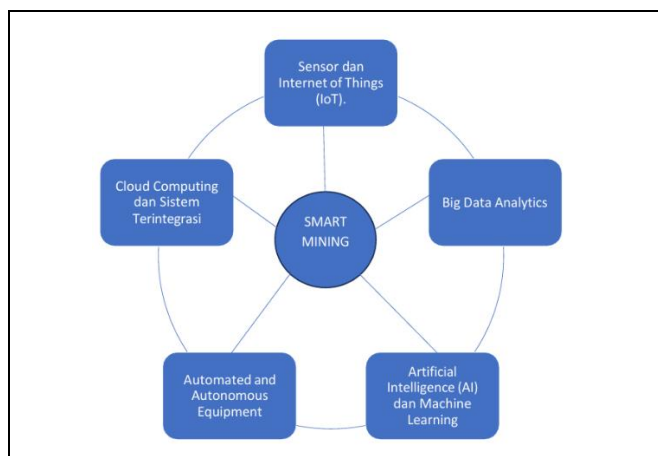
### Key Word:

*Smart Mining, Digital Transformation, Digital Readiness, Medium- Scale Mining, Digital Maturity Model*

## PENDAHULUAN

Industri pertambangan merupakan salah satu sektor strategis yang memiliki peran penting dalam perekonomian global maupun nasional, terutama sebagai penyedia bahan baku industri, sumber pendapatan negara, serta pencipta lapangan kerja (Ali & Kamraju, 2023). Di Indonesia, sektor ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pembangunan, khususnya di wilayah yang kaya sumber daya mineral seperti Sulawesi, Kalimantan, dan Papua (Wiwoho et al., 2022). Namun demikian, seiring dengan perkembangan teknologi pada era Revolusi Industri 4.0, industri pertambangan dituntut untuk beradaptasi melalui penerapan transformasi digital guna meningkatkan daya saing dan keberlanjutan operasional (Zhironkina & Zhironkin, 2023).

Transformasi digital dalam industri pertambangan diwujudkan melalui konsep *smart mining*, yaitu integrasi teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), *big data analytics*, serta sistem otomasi dalam seluruh rantai nilai pertambangan (Torosyan et al., 2024). Implementasi konsep ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional, keselamatan kerja, serta kualitas pengambilan keputusan berbasis data (Akin-Oluyomi & Akhigbe, 2023). Selain itu, transformasi digital tidak hanya mencakup aspek teknologi, tetapi juga melibatkan perubahan pada proses bisnis, model organisasi, serta budaya kerja (Kapril & Mavi, 2025). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) dalam industri pertambangan memungkinkan integrasi perangkat dan sistem secara real-time untuk meningkatkan efisiensi operasional serta keselamatan kerja (Hendra Sani et al., 2025).



Gambar 1 Diagram Framework Smart Mining

Perubahan tersebut mencerminkan perbedaan mendasar antara sistem pertambangan konvensional dan konsep *smart mining* (Grichenkov, 2025). Dari sisi produktivitas, sistem konvensional masih bergantung pada proses manual dan peran operator, sedangkan *smart mining* mengandalkan otomatisasi dan pendekatan berbasis data yang lebih optimal. Dalam aspek keselamatan kerja, metode konvensional memiliki tingkat risiko yang lebih tinggi karena keterlibatan langsung tenaga kerja di area berbahaya, sementara *smart mining* mampu menekan risiko melalui penerapan sistem otomatis dan otonom (Hyder et al., 2022). Selain itu, pengambilan keputusan pada sistem konvensional umumnya bersifat subjektif, sedangkan pada *smart mining* didasarkan pada analisis data yang lebih akurat dan terukur (Bisschoff & Grobbelaar, 2022). Dari perspektif lingkungan dan transparansi data, sistem konvensional masih memiliki keterbatasan dalam pemantauan dan pencatatan, sementara *smart mining* memungkinkan pengelolaan yang lebih baik melalui sistem digital yang terintegrasi dan real-time (Asa'd & Levesque, 2024a). Perbedaan-perbedaan tersebut pada akhirnya berdampak pada daya saing perusahaan, di mana *smart mining* lebih adaptif dan berkelanjutan dalam menghadapi dinamika industri pertambangan (Sánchez & Hartlieb, 2020).

Meskipun demikian, tingkat adopsi transformasi digital di sektor pertambangan masih belum merata (Kalenov & Kukushkin, 2021). Perusahaan tambang skala besar umumnya memiliki kesiapan yang lebih tinggi karena didukung oleh sumber daya finansial, infrastruktur teknologi, serta sumber daya manusia yang memadai (Mazirbaev, 2024). Sebaliknya, perusahaan tambang skala menengah masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan modal, rendahnya kompetensi digital tenaga kerja, serta belum optimalnya infrastruktur teknologi dan sistem manajemen data digital (Asa'd & Levesque, 2024b). Kondisi ini menyebabkan proses transformasi menuju *smart mining* berjalan lebih lambat dan kurang terarah.

PT. Tambang Bumi Sulawesi sebagai salah satu perusahaan tambang skala menengah yang berlokasi di Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara, memiliki peran penting dalam mendukung perekonomian

daerah. Namun, tingkat kesiapan perusahaan dalam menghadapi transformasi digital menuju implementasi *smart mining* belum diketahui secara komprehensif. Kesiapan tersebut mencakup berbagai aspek, antara lain infrastruktur teknologi, kompetensi sumber daya manusia, tata kelola organisasi, serta dukungan manajemen dan strategi perusahaan.

Di sisi lain, kajian ilmiah yang secara khusus membahas kesiapan transformasi digital pada perusahaan tambang skala menengah di Indonesia, khususnya di wilayah Sulawesi Tenggara, masih relatif terbatas. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) yang perlu dikaji lebih lanjut, terutama dalam konteks pengukuran tingkat kesiapan digital (*digital readiness*) serta identifikasi faktor pendukung dan penghambat implementasi transformasi digital di sektor pertambangan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kesiapan PT. Tambang Bumi Sulawesi dalam menghadapi transformasi digital menuju *smart mining* dengan menggunakan pendekatan model kesiapan digital. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kesiapan tersebut serta merumuskan rekomendasi strategis yang aplikatif guna mendukung percepatan implementasi transformasi digital pada perusahaan tambang skala menengah. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik secara akademis maupun praktis dalam pengembangan transformasi digital di industri pertambangan Indonesia.

## METODE

Penelitian ini dirancang dengan pendekatan metode campuran yang memadukan analisis kuantitatif dan kualitatif dalam satu kerangka deskriptif-analitis. Pada awalnya, peneliti menggunakan data angka untuk menggambarkan tingkat kesiapan digital perusahaan melalui skor tertentu. Namun, angka-angka tersebut tidak berdiri sendiri. Di baliknya, pendekatan kualitatif digunakan untuk menggali lebih dalam berbagai hambatan yang muncul, baik dari sisi struktur organisasi maupun budaya kerja. Hal ini penting karena transformasi digital tidak hanya berkaitan dengan teknologi, tetapi juga menyangkut interaksi antara sistem dan manusia di dalam organisasi.

Penelitian ini dilakukan di PT. Tambang Bumi Sulawesi yang berada di Desa Pongkalaero, Kecamatan Kabaena Selatan, Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara. Lokasi ini dipilih karena kondisi geografisnya yang cukup menantang, seperti wilayah kepulauan dan relatif terpencil, yang mencerminkan tantangan umum pada tambang skala menengah di kawasan Indonesia Timur. Kegiatan penelitian lapangan berlangsung selama dua bulan, yaitu dari Agustus hingga September 2025.

Seluruh karyawan dan staf manajerial yang terlibat dalam operasional dan administrasi tambang menjadi bagian dari populasi penelitian. Dari populasi tersebut, dipilih sejumlah responden yang dianggap mampu memberikan informasi paling relevan. Selain itu, seluruh staf teknis dan operator juga dilibatkan hingga data yang diperoleh dianggap cukup mewakili kondisi sebenarnya. Secara keseluruhan, terdapat 63 orang yang berpartisipasi dalam penelitian ini, mencerminkan berbagai peran dalam struktur organisasi perusahaan.

Untuk mengukur tingkat kematangan digital, penelitian ini menggunakan instrumen berupa model kematangan digital yang telah disesuaikan dengan kebutuhan studi. Kuesioner disusun menggunakan skala penilaian empat tingkat agar responden tidak cenderung memilih jawaban netral. Pengukuran difokuskan pada beberapa aspek penting, seperti kesiapan infrastruktur digital, pengelolaan data, kemampuan sumber daya manusia dalam memanfaatkan teknologi, serta dukungan strategi dan budaya organisasi terhadap inovasi.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata untuk menentukan posisi perusahaan dalam tingkat kematangan digitalnya. Dengan cara ini, hasil analisis tidak hanya menunjukkan angka, tetapi juga memberikan gambaran yang lebih utuh mengenai kondisi nyata transformasi digital di perusahaan tersebut.

Table 1 Tingkatan Kesiapan Digitalisasi

| Tingkat             | Skor        | Keterangan                      |
|---------------------|-------------|---------------------------------|
| Level 1 (Initial)   | 1.00 – 1.75 | Sangat Rendah/Manual            |
| Level 2 (Emerging)  | 1.76 – 2.50 | Sedang/Digitalisasi Parsial     |
| Level 3 (Defined)   | 2.51 – 3.25 | Tinggi/Terintegrasi             |
| Level 4 (Optimized) | 3.26 – 4.00 | Sangat Tinggi/Otomatisasi Penuh |

Data kualitatif dari hasil wawancara dianalisis menggunakan teknik reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan untuk memberikan konteks pada hasil skor kuantitatif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

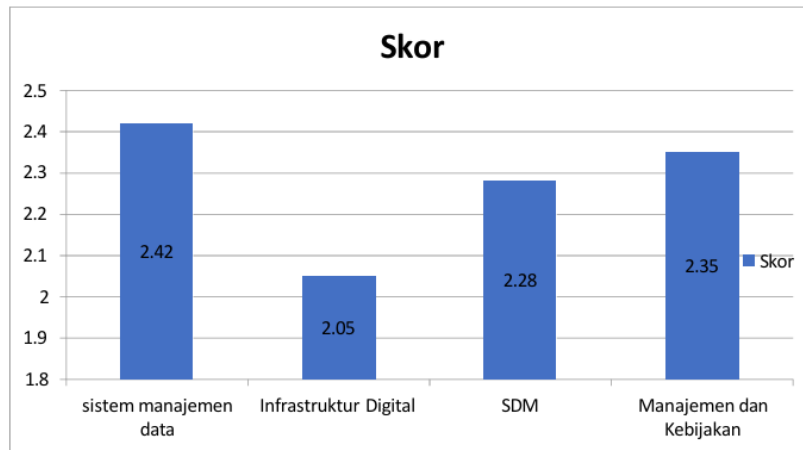
Hasil penelitian menunjukkan bahwa PT. Tambang Bumi Sulawesi telah memiliki infrastruktur digital dasar, namun pemanfaatannya masih terbatas pada area tertentu dan belum menjangkau seluruh kegiatan operasional tambang. Konektivitas jaringan yang tersedia umumnya hanya mencakup area perkantoran dan fasilitas pendukung, sedangkan area operasional utama seperti pit dan jalur pengangkutan masih mengalami keterbatasan akses. Perusahaan telah memanfaatkan platform berbasis *cloud* (OnCloud) serta jaringan satelit untuk mendukung operasional, namun distribusi konektivitas belum merata. Dari sisi sistem manajemen data, perusahaan telah mulai mengadopsi perangkat lunak seperti ERP sederhana, Surpac, dan ArcGIS yang digunakan untuk perencanaan dan pemetaan. Meskipun demikian, integrasi data antar departemen masih belum optimal karena sebagian proses pertukaran data masih dilakukan secara manual, sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan informasi. Proses operasional di lapangan juga masih didominasi oleh aktivitas manual dan belum didukung oleh otomatisasi peralatan.

Dari aspek sumber daya manusia, hasil observasi dan wawancara menunjukkan bahwa karyawan memiliki tingkat penerimaan yang cukup baik terhadap teknologi digital, namun kompetensi teknis masih terbatas. Perusahaan belum menyelenggarakan pelatihan khusus terkait digitalisasi, sehingga sebagian besar karyawan mengandalkan pembelajaran mandiri dalam penggunaan teknologi. Selain itu, belum adanya divisi teknologi informasi (IT) yang khusus menangani pengelolaan sistem digital menyebabkan pengembangan teknologi belum berjalan secara terstruktur. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa tingkat kesiapan digital perusahaan berada pada kategori sedang dengan skor rata-rata sebesar 2,02, yang menempatkan perusahaan pada tahap *emerging*. Berdasarkan dimensi penilaian, infrastruktur digital memperoleh skor 2,12, sistem manajemen data sebesar 2,05, sumber daya manusia sebesar 2,28, serta strategi dan budaya organisasi sebesar 2,42. Nilai tertinggi pada aspek manajerial menunjukkan adanya dukungan terhadap transformasi digital, sementara nilai pada aspek teknis masih relatif lebih rendah. Ringkasan hasil kuesioner disajikan pada Tabel 2:

Table 2 Olahan Kuesioner Tingkat Kesiapan Digitalisasi

|     |                               |       |       |        |
|-----|-------------------------------|-------|-------|--------|
| Q1  | Jaringan internet stabil      | 1,65  | 55%   | Sedang |
| Q2  | Sistem pencatatan digital     | 1,54  | 51,3% | Sedang |
| Q3  | Penggunaan ERP                | 1,63  | 54,3% | Sedang |
| Q4  | Dashboard produksi real- time | 1,24  | 41,3% | Sedang |
| Q5  | Penyimpanan data digital      | 1,56  | 85,0% | Tinggi |
| Q6  | Pelatihan digital             | 1,19  | 52 %  | Sedang |
| Q7  | Pemahaman sistem digital      | 2,3   | 76,6% | Tinggi |
| Q8  | Pelatihan software/perangkat  | 1,27  | 42,3% | Sedang |
| Q9  | Dukungan teknis               | 2,67  | 89%   | Tinggi |
| Q10 | Familiar dengan IoT           | 1,51  | 50,3% | Sedang |
| Q11 | Dukungan manajemen            | 2,44  | 81,3% | Tinggi |
| Q12 | Visi/roadmap digital          | 2,095 | 69,8% | Tinggi |
| Q13 | Keterbukaan inovasi           | 2,46  | 82 %  | Tinggi |
| Q14 | Kebijakan resmi digitalisasi  | 2,127 | 70,0% | Tinggi |
| Q15 | Dukungan perubahan digital    | 2,77  | 92%   | Tinggi |
| Q16 | Komunikasi perubahan digital  | 2,57  | 85,6% | Tinggi |
| Q17 | Partisipasi karyawan          | 2,57  | 85,6% | Tinggi |

sedangkan distribusi rata-rata skor ditampilkan pada Gambar 2:



Gambar 2 Rata-Rata Skor Kesiapan Digital Berdasarkan Aspek Penilaian

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa PT. Tambang Bumi Sulawesi berada pada tahap awal transformasi digital, di mana perusahaan telah memiliki kesadaran dan inisiatif dalam mengadopsi teknologi, namun implementasinya masih belum terintegrasi secara menyeluruh. Kondisi ini mencerminkan adanya kesenjangan antara kesiapan manajerial dan kesiapan teknis, di mana dukungan organisasi dan budaya inovasi sudah cukup baik, tetapi belum diimbangi dengan infrastruktur dan sistem teknologi yang memadai. Transformasi digital dalam konteks ini tidak hanya dipandang sebagai penerapan teknologi semata, tetapi merupakan perubahan strategis yang mencakup aspek organisasi, proses bisnis, serta budaya kerja. Oleh karena itu, keberhasilan implementasi transformasi digital sangat bergantung pada keselarasan antara visi manajemen, kesiapan sumber daya manusia, serta dukungan infrastruktur teknologi yang memadai.

Temuan ini sejalan dengan konsep transformasi digital sebagai fenomena sosio-teknis yang menekankan pentingnya keseimbangan antara aspek manusia, organisasi, dan teknologi. Keterbatasan infrastruktur jaringan yang dipengaruhi oleh kondisi geografis menjadi salah satu faktor utama yang menghambat implementasi sistem berbasis *real-time*. Kondisi ini berdampak pada terbatasnya kemampuan perusahaan dalam melakukan pemantauan operasional secara langsung serta menghambat penerapan sistem berbasis Internet of Things (IoT). Selain itu, rendahnya integrasi data menunjukkan bahwa perusahaan masih berada pada tahap digitalisasi parsial, sehingga aliran informasi belum berjalan secara efektif untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*). Padahal, integrasi sistem informasi merupakan faktor kunci dalam memastikan bahwa data yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pengambilan keputusan.

Dari sisi operasional, penerapan teknologi digital memiliki keterkaitan langsung dengan peningkatan efisiensi, baik dari segi waktu, biaya, maupun produktivitas. Sistem digital yang terintegrasi memungkinkan pengawasan yang lebih akurat serta pengendalian operasional yang lebih optimal dibandingkan metode konvensional yang masih bergantung pada pencatatan manual. Selain itu, penerapan teknologi juga berkontribusi terhadap peningkatan keselamatan kerja melalui pemanfaatan sistem pemantauan berbasis sensor dan otomatisasi, yang mampu mengurangi keterlibatan langsung tenaga kerja pada area berisiko tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa transformasi digital tidak hanya berdampak pada aspek produktivitas, tetapi juga pada aspek keselamatan dan keberlanjutan operasional.

Dari sisi sumber daya manusia, meskipun terdapat penerimaan yang baik terhadap teknologi, keterbatasan kompetensi digital menjadi hambatan dalam optimalisasi penggunaan sistem yang telah tersedia. Hal ini menunjukkan pentingnya pengembangan kapasitas melalui pelatihan yang terstruktur agar transformasi digital dapat berjalan secara efektif. Dalam konteks ini, kesiapan individu menjadi faktor kunci dalam keberhasilan implementasi teknologi, karena teknologi yang tersedia tidak akan memberikan manfaat optimal tanpa didukung oleh kemampuan pengguna yang memadai. Di sisi lain, belum adanya *roadmap* transformasi digital yang jelas menyebabkan implementasi teknologi berjalan secara parsial dan belum terarah, sehingga berpotensi menimbulkan inefisiensi dalam investasi teknologi.

Faktor pendukung utama dalam proses transformasi ini adalah komitmen manajemen serta ketersediaan infrastruktur awal, sedangkan faktor penghambat meliputi keterbatasan jaringan, rendahnya kompetensi digital sumber daya manusia, serta belum adanya sistem pengelolaan teknologi yang terintegrasi. Selain itu, perusahaan yang tidak mampu beradaptasi terhadap perkembangan teknologi berpotensi mengalami penurunan daya saing di tengah dinamika industri pertambangan yang semakin kompetitif. Oleh karena itu, keberhasilan transformasi digital di perusahaan memerlukan pendekatan yang komprehensif melalui penguatan infrastruktur, integrasi sistem data, peningkatan kompetensi sumber daya manusia, serta penyusunan strategi digital yang terencana dan berkelanjutan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa tingkat kesiapan digital PT. Tambang Bumi Sulawesi dalam menghadapi transformasi menuju *smart mining* berada pada kategori sedang dengan nilai rata-rata 2,02, yang menempatkan perusahaan pada tahap *emerging-defined* dalam Digital Maturity Model. Kondisi ini menunjukkan bahwa perusahaan telah memiliki kesadaran dan inisiatif dalam mengadopsi teknologi digital, namun implementasinya masih bersifat parsial dan belum terintegrasi secara menyeluruh di seluruh aspek operasional.

Kesiapan digital perusahaan dipengaruhi oleh empat dimensi utama, yaitu infrastruktur, sistem manajemen data, sumber daya manusia, serta manajemen dan kebijakan organisasi. Faktor pendukung utama meliputi adanya komitmen manajemen dan ketersediaan infrastruktur awal, sementara faktor penghambat mencakup keterbatasan jaringan di area operasional, rendahnya kompetensi digital sumber daya manusia, belum optimalnya integrasi sistem data, serta belum tersusunnya *roadmap* transformasi digital yang terstruktur.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan kesiapan digital memerlukan pendekatan yang komprehensif melalui penguatan infrastruktur teknologi, integrasi sistem manajemen data berbasis *real-time*, peningkatan kompetensi sumber daya manusia melalui pelatihan berkelanjutan, serta penyusunan strategi transformasi digital jangka panjang yang terarah. Dengan langkah tersebut, perusahaan diharapkan mampu mempercepat implementasi *smart mining* secara efektif, efisien, dan berkelanjutan.

#### DAFTAR REFERENSI

- Akin-Oluyomi, O. T., & Akhigbe, R. (2023). An Advanced Framework for Improving Multi-Site Operational Efficiency Using Data-Driven Performance Indicators. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*, 3(1), 1763–1781. <https://doi.org/10.62225/2583049X.2023.3.1.5343>
- Ali, M. A., & Kamraju, M. (2023). *Minerals, Metals, and Mining* (pp. 129–142). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-46720-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-46720-2_9)
- Asa'd, O., & Levesque, M. (2024a). Digital technologies for energy efficiency and decarbonization in mining. *CIM Journal*, 15(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/19236026.2023.2203068>
- Asa'd, O., & Levesque, M. (2024b). Digital technologies for energy efficiency and decarbonization in mining. *CIM Journal*, 15(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/19236026.2023.2203068>
- Bisschoff, R., & Grobbelaar, S. (2022). EVALUATION OF DATA-DRIVEN DECISION-MAKING IMPLEMENTATION IN THE MINING INDUSTRY. *South African Journal of Industrial Engineering*, 32(3). <https://doi.org/10.7166/33-3-2799>
- Grinchenkov, D. (2025). Intelligent approaches to dispatching the mining and transport system in open-pit mining. *University News North-Caucasian Region Technical Sciences Series*, (3), 11–19. <https://doi.org/10.17213/1560-3644-2025-3-11-19>
- Hendra Sani, Gina Audina P. Alhabsyi, Syamsuddin, dan Siti Nur Asia (2025). *Strategi IoT Menuju Tambang yang Lebih Cerdas dan Aman*. Jambi: Penerbit Buku Sonpedia.
- Hyder, Z., Siau, K., & Nah, F. (2022). Artificial Intelligence, Machine Learning, and Autonomous Technologies in Mining Industry. In *Research Anthology on Cross-Disciplinary Designs and Applications of Automation* (pp. 478–492). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-3694-3.ch024>
- Kalenov, O., & Kukushkin, S. (2021). Digital Transformation of Mining Enterprises. *E3S Web of Conferences*, 278, 01015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127801015>
- Kapril, G., & Mavi, R. (2025). Role of Digital Transformation In Business. In *Digital Transformation in Business: Integrating Technology with Management and Commerce* (pp. 1–16). Book Rivers. <https://doi.org/10.64267/97893688465671>
- Mazirbaev, K. (2024). Digitalization of Mining Enterprise: A Key Factor in Ensuring Economic Security. *Bulletin of Science and Practice*, 10(10), 252–256. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/107/30>
- Sánchez, F., & Hartlieb, P. (2020). Innovation in the Mining Industry: Technological Trends and a Case Study of the Challenges of Disruptive Innovation. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 37(5), 1385–1399. <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00262-1>

- Torosyan, A., Tcukanova, O., Alekseeva, N., Qureshi, A. H., & Memon, S. Q. (2024). *Digital Transformation Features of Mining Industry Enterprises* (pp. 87–112). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3423-2.ch005>
- Wiwoho, J., Trinugroho, I., & Lau, E. (2022). Mining activities and local economic development: evidence from Indonesian provinces. *International Journal of Trade and Global Markets*, 16(4), 349. <https://doi.org/10.1504/IJTGM.2022.128365>
- Zhironkina, O., & Zhironkin, S. (2023). Technological and Intellectual Transition to Mining 4.0: A Review. *Energies*, 16(3), 1427. <https://doi.org/10.3390/en16031427>