

EFISIENSI ENERGI DALAM MENDUKUNG KINERJA LINGKUNGAN DAN PENCAPAIAN PROPER PADA INDUSTRI PERTAMBANGAN: SEBUAH SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Agus Yulianto¹, Revi Timora Salajar²

¹Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi, Jakarta

²Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Geologi Mineral dan Batubara, Bandung

Email: agus.yulianto@esdm.go.id

Naskah Diterima: Juni 2026/Revisi: Juni 2026/Disetujui: Juni 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara sistematis peran efisiensi energi dalam mendukung kinerja lingkungan dan pencapaian peringkat PROPER pada industri pertambangan. Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) dengan mensintesis berbagai publikasi ilmiah terbaru yang berkaitan dengan efisiensi energi, praktik green mining, integrasi energi terbarukan, inovasi teknologi, dan kinerja lingkungan pada sektor pertambangan. Proses tinjauan dilakukan secara terstruktur untuk mengidentifikasi pola hubungan, keterkaitan variabel, serta kesenjangan penelitian yang ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi energi memiliki kontribusi signifikan terhadap peningkatan kinerja lingkungan melalui pengurangan konsumsi bahan bakar, optimalisasi penggunaan sumber daya, dan penurunan emisi karbon. Selain itu, inovasi teknologi dan integrasi energi terbarukan terbukti menjadi faktor pendukung utama dalam meningkatkan efektivitas implementasi efisiensi energi. Penelitian ini juga menemukan adanya kesesuaian yang kuat antara praktik efisiensi energi dengan indikator penilaian PROPER di Indonesia, terutama pada aspek konservasi energi, pengurangan emisi, dan inovasi lingkungan. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi konseptual antara efisiensi energi, kinerja lingkungan, energi terbarukan, inovasi teknologi, dan pencapaian PROPER dalam satu kerangka analisis yang komprehensif, yang masih jarang dibahas secara terpadu dalam penelitian sebelumnya.

Kata Kunci: efisiensi energi, kinerja lingkungan, PROPER, industri pertambangan, keberlanjutan, systematic literature review.

ABSTRACT

This study systematically examines the role of energy efficiency in enhancing environmental performance and supporting PROPER achievement in mining industry. A Systematic Literature Review (SLR) method is applied by synthesizing recent academic studies on energy efficiency, green mining, renewable energy integration, technological innovation, and environmental performance in the mining sector. The analysis identifies key patterns, relationships, and research gaps across these themes. The findings show that energy efficiency consistently improves environmental performance by reducing fuel consumption, optimizing resource use, and lowering carbon emissions. In addition, technological innovation and the integration of renewable energy are important drivers that strengthen the implementation of energy efficiency in mining operations. These factors help companies improve operational efficiency while also reducing environmental pressure. The study also finds a strong connection between energy efficiency practices and PROPER evaluation indicators in Indonesia, especially in terms of energy conservation, emission reduction, and environmental innovation.

Keywords: energy efficiency, environmental performance, PROPER, mining industry, sustainability, systematic literature review.

PENDAHULUAN

Sektor pertambangan menempati posisi penting dalam perekonomian Indonesia karena berperan sebagai penyedia berbagai komoditas mineral yang dibutuhkan industri, sumber penerimaan negara, sekaligus penggerak penciptaan lapangan kerja. Di sisi lain, karakteristik operasional industri ini sangat bergantung pada penggunaan energi dalam jumlah besar sehingga menimbulkan berbagai tantangan lingkungan. Aktivitas penambangan, transportasi material, pengolahan, hingga pemurnian mineral membutuhkan pasokan energi yang tinggi dan berkelanjutan. Kondisi tersebut berkontribusi terhadap meningkatnya emisi gas rumah kaca, risiko pencemaran lingkungan, serta tekanan yang lebih besar terhadap pemanfaatan sumber daya alam. Oleh karena itu, efisiensi energi menjadi salah satu aspek yang semakin krusial dalam mendukung keberlanjutan sektor pertambangan. Sejumlah penelitian mengungkapkan bahwa penerapan strategi efisiensi energi tidak hanya menghasilkan penghematan biaya operasional, tetapi juga berperan dalam menekan emisi dan memperkuat kinerja lingkungan perusahaan secara keseluruhan (Amegboleza & Ülkü, 2026), (Ali & Kim, 2024).

Pada tingkat internasional, efisiensi energi telah diakui sebagai instrumen strategis dalam mendukung agenda dekarbonisasi industri pertambangan sekaligus mempercepat transformasi menuju sistem produksi yang lebih berkelanjutan. Berbagai pendekatan, seperti pemanfaatan teknologi berdaya rendah, perbaikan proses operasional, dan integrasi sumber energi terbarukan, terbukti mampu mengoptimalkan penggunaan sumber daya serta mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas pertambangan (Sitompul et al., 2024), (Jianchun, 2024). Tidak hanya itu, konsep efisiensi energi juga menjadi komponen utama dalam penerapan green mining, yaitu pendekatan pengelolaan pertambangan yang menitikberatkan pada minimisasi dampak ekologis dan penciptaan manfaat keberlanjutan dalam jangka panjang (Blinova et al., 2022).

Dalam konteks nasional, peningkatan performa lingkungan perusahaan didorong melalui Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup (PROPER) yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Salah satu komponen yang memperoleh perhatian dalam mekanisme penilaian PROPER adalah pelaksanaan program konservasi energi dan peningkatan efisiensi energi. Kinerja yang baik pada aspek tersebut dapat memberikan nilai tambah bagi perusahaan dalam memperoleh peringkat yang lebih tinggi. Walaupun demikian, kajian akademik yang secara khusus membahas keterkaitan antara efisiensi energi, kualitas kinerja lingkungan, dan pencapaian PROPER pada industri pertambangan masih belum banyak ditemukan. Literatur yang tersedia umumnya berfokus pada isu dekarbonisasi, pemanfaatan energi terbarukan, atau keberlanjutan sektor pertambangan secara luas tanpa mengaitkannya secara langsung dengan indikator lingkungan yang digunakan dalam sistem PROPER (Amegboleza & Ülkü, 2026), (Ali & Kim, 2024), (Page et al., 2021).

Bertolak dari kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan kontribusi baru melalui pengintegrasian berbagai literatur yang membahas efisiensi energi, kinerja lingkungan, dan pencapaian PROPER pada industri pertambangan Indonesia dengan menggunakan pendekatan Systematic Literature Review. Melalui kajian yang sistematis, penelitian ini berupaya memetakan perkembangan penelitian yang telah dilakukan, mengidentifikasi faktor-faktor

yang memengaruhi implementasi efisiensi energi, serta menjelaskan hubungan antara peningkatan efisiensi energi dan perbaikan kinerja lingkungan yang berkontribusi terhadap pencapaian PROPER. Temuan yang dihasilkan diharapkan dapat memperkaya pengembangan teori sekaligus memberikan rekomendasi praktis bagi penguatan implementasi pertambangan berkelanjutan di Indonesia.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah melaksanakan Systematic Literature Review (SLR) untuk mengkaji, mengintegrasikan, dan mengevaluasi secara kritis perkembangan pengetahuan mengenai peran efisiensi energi dalam mendukung kinerja lingkungan serta pencapaian PROPER pada sektor pertambangan, dengan fokus untuk mengkaji lima tema, yaitu: efisiensi energi sebagai pendekatan strategis dalam meningkatkan kinerja lingkungan, inovasi teknologi sebagai penggerak efisiensi energi dan keberlanjutan industri pertambangan, integrasi energi terbarukan dalam operasi pertambangan, keterkaitan efisiensi energi dengan kinerja lingkungan perusahaan pertambangan, dan peran efisiensi energi dalam mendukung pencapaian PROPER.

METODOLOGI

Penelitian ini menerapkan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) untuk mengumpulkan, menelaah, serta mengintegrasikan berbagai temuan ilmiah yang berkaitan dengan peran efisiensi energi dalam meningkatkan kinerja lingkungan dan mendukung pencapaian PROPER pada industri pertambangan. Pemilihan metode SLR didasarkan pada kemampuannya dalam menghasilkan sintesis pengetahuan yang sistematis, transparan, dan dapat direplikasi sehingga sangat sesuai untuk memetakan perkembangan kajian, menemukan kesenjangan penelitian, serta merumuskan agenda riset selanjutnya berdasarkan bukti empiris yang tersedia (Višić, 2022). Pelaksanaan kajian mengikuti pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020 yang dikembangkan oleh Page et al. (2021), serta mengadopsi prinsip penelitian sekunder yang diperkenalkan oleh Kitchenham dan Madeyski (2023). Kombinasi kedua pedoman tersebut digunakan untuk memastikan bahwa seluruh tahapan penelitian berlangsung secara konsisten, terdokumentasi dengan baik, dan memenuhi standar kualitas metodologis yang tinggi (García-Peñalvo, 2022).

Penelusuran literatur dilakukan pada periode Januari hingga Mei 2026 melalui berbagai basis data akademik bereputasi, meliputi Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, Emerald Insight, Taylor and Francis Online, MDPI, dan Google Scholar. Pencarian menggunakan kombinasi kata kunci yang berkaitan dengan energy efficiency, environmental performance, sustainable mining, renewable energy, decarbonization mining, environmental compliance, Indonesia, dan PROPER. Untuk menjaga kualitas kajian, penelitian ini menerapkan kriteria seleksi yang ketat. Artikel yang diterbitkan pada rentang 2020 – 2026, tersedia dalam full text, dan memiliki relevansi langsung dengan isu efisiensi energi, keberlanjutan pertambangan, dekarbonisasi, atau kinerja lingkungan dimasukkan ke dalam analisis. Sebaliknya, editorial, artikel populer, laporan nonilmiah, serta publikasi yang tidak berkaitan langsung dengan fokus penelitian dikeluarkan dari proses seleksi.

Tahapan pemilihan artikel mengikuti alur PRISMA yang mencakup identifikasi, screening, eligibility, dan inclusion. Setelah duplikasi data dihilangkan, artikel diseleksi melalui penelaahan judul, abstrak, dan teks lengkap untuk memastikan kesesuaiannya dengan tujuan penelitian. Kualitas setiap artikel kemudian dievaluasi berdasarkan kejelasan tujuan, ketepatan metode, validitas hasil, kualitas analisis, dan relevansi temuan dengan topik kajian (García-Peñalvo, 2022), (Kitchenham et al., 2023), (Alchokr et al., 2025). Informasi penting dari artikel terpilih diekstraksi secara sistematis dan dianalisis menggunakan pendekatan thematic analysis untuk mengidentifikasi pola, tren, dan tema utama dalam literatur. Hasil kajian selanjutnya disintesis secara naratif dengan mengintegrasikan temuan dari berbagai studi guna menjelaskan hubungan antara efisiensi energi, peningkatan kinerja lingkungan, dan pencapaian indikator yang relevan dengan PROPER. Sintesis tersebut juga menjadi dasar dalam penyusunan kerangka konseptual yang menggambarkan keterkaitan kelima tema tersebut dalam konteks industri pertambangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Review

A. Tema 1 Efisiensi Energi sebagai Pendekatan Strategis dalam Meningkatkan Kinerja Lingkungan

Berdasarkan berbagai literatur yang dianalisis, efisiensi energi muncul sebagai salah satu pendekatan paling penting dalam upaya peningkatan kinerja lingkungan pada industri pertambangan. Karakteristik kegiatan pertambangan yang melibatkan proses pengeboran, ekstraksi, pengangkutan, pengolahan, hingga pemurnian mineral membutuhkan pasokan energi yang sangat besar. Akibatnya, sektor ini sering dikategorikan sebagai industri dengan tingkat konsumsi energi dan emisi yang relatif tinggi. Menyadari kondisi tersebut, banyak perusahaan pertambangan mulai mengembangkan berbagai inisiatif penghematan energi melalui peningkatan efisiensi operasional alat berat, penggunaan teknologi rendah karbon, penerapan sistem manajemen energi berbasis digital, serta penyempurnaan proses produksi yang bertujuan menekan penggunaan energi sekaligus mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan (Amegboleza & Ülkü, 2026).

Hasil sintesis menunjukkan bahwa penerapan efisiensi energi memberikan kontribusi nyata terhadap perbaikan berbagai aspek kinerja lingkungan perusahaan. Studi yang dilakukan oleh Amegboleza dan Ülkü (2026) mengungkapkan bahwa pengelolaan energi yang efektif mampu meningkatkan efisiensi operasional sekaligus menurunkan kebutuhan energi dalam aktivitas pertambangan. Dampak tersebut pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan keberlanjutan operasional perusahaan. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Jianchun (2026), yang menegaskan bahwa implementasi prinsip green mining, termasuk praktik efisiensi energi, berperan dalam menekan dampak lingkungan dan memperkuat komitmen perusahaan terhadap agenda pembangunan berkelanjutan.

Dari sudut pandang yang lebih luas, Blinova et al. dalam Jianchun (2024) menekankan bahwa efisiensi energi memiliki keterkaitan erat dengan penerapan ekonomi sirkular karena mampu mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya dan meningkatkan efektivitas proses produksi.

Berbagai penelitian juga memperlihatkan bahwa penghematan energi dapat dicapai melalui pengurangan konsumsi bahan bakar pada armada alat berat, perbaikan sistem logistik dan transportasi material, peningkatan kinerja peralatan pengolahan, serta pemanfaatan teknologi digital untuk memonitor penggunaan energi secara berkelanjutan. Implementasi berbagai langkah tersebut tidak hanya menghasilkan efisiensi biaya, tetapi juga membantu menurunkan emisi gas rumah kaca serta mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam yang digunakan dalam proses produksi.

Temuan-temuan tersebut memiliki implikasi yang sangat relevan dalam konteks pengelolaan lingkungan di Indonesia, khususnya yang berkaitan dengan mekanisme penilaian PROPER. Aspek konservasi energi, pengurangan emisi, dan inovasi lingkungan merupakan komponen penting dalam sistem evaluasi tersebut. Dengan demikian, perusahaan yang mampu menunjukkan capaian efisiensi energi secara konsisten berpotensi memperoleh peningkatan kinerja lingkungan sekaligus peluang yang lebih besar untuk meraih peringkat PROPER yang lebih tinggi. Oleh sebab itu, efisiensi energi tidak dapat lagi dipandang sekadar sebagai upaya penghematan konsumsi energi, melainkan sebagai instrumen strategis yang mendukung daya saing, kepatuhan lingkungan, dan keberlanjutan jangka panjang sektor pertambangan.

Tabel 1. Temuan Utama Tema Efisiensi Energi sebagai Pendekatan Strategis dalam Meningkatkan Kinerja Lingkungan

Penulis	Judul dan Tahun	Tujuan	Temuan	Metodologi
Amegboleza dan Ülku	Advancing Sustainable Operational Efficiency in the Mining Industry (2025)	Mengidentifikasi strategi efisiensi operasional berkelanjutan	Efisiensi energi meningkatkan keberlanjutan dan produktivitas operasional	Systematic Literature Review
Jianchun	Effects of Green Mining Practices on Corporate Sustainable Development (2024)	Menganalisis pengaruh praktik green mining terhadap keberlanjutan perusahaan	Pengelolaan energi yang baik meningkatkan kinerja lingkungan perusahaan	Structural Equation Modeling
Blinova et al.	Analyzing the Concept of Corporate Sustainability in the Mining Sector (2022)	Mengkaji keberlanjutan sektor pertambangan berbasis ekonomi sirkular	Efisiensi energi mendukung efisiensi sumber daya dan keberlanjutan perusahaan	Kajian Konseptual

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini mengidentifikasi kebaruan berupa pengintegrasian hubungan antara efisiensi energi, kinerja lingkungan, dan pencapaian PROPER yang masih jarang dibahas secara eksplisit dalam literatur sebelumnya. Sebagian besar penelitian terdahulu hanya menyoroti manfaat efisiensi energi terhadap pengurangan biaya atau keberlanjutan secara umum. Penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi energi memiliki peran yang lebih luas sebagai faktor yang mendukung peningkatan indikator kinerja lingkungan yang relevan dengan penilaian PROPER pada industri pertambangan Indonesia.

B. Tema 2 Inovasi Teknologi sebagai Penggerak Efisiensi Energi dan Keberlanjutan Industri Pertambangan

Berdasarkan hasil penelaahan berbagai studi, perkembangan teknologi memiliki peran yang sangat signifikan dalam meningkatkan efisiensi energi di sektor pertambangan. Kemajuan teknologi memungkinkan perusahaan mengelola penggunaan energi secara lebih efektif pada seluruh rantai kegiatan pertambangan, mulai dari proses ekstraksi sumber daya, transportasi material, pengolahan bijih, hingga tahap pemurnian produk akhir. Beragam inovasi yang telah diterapkan, seperti digital energy management system, otomatisasi proses kerja, elektrifikasi peralatan tambang, teknologi sensor untuk pemantauan konsumsi energi, serta sistem pengolahan mineral yang lebih modern, terbukti mampu menekan kebutuhan energi sekaligus mengurangi dampak lingkungan yang muncul dari aktivitas operasional pertambangan (Amegboleza & Ülkü, 2026).

Dari perspektif operasional, pemanfaatan teknologi memberikan kemampuan yang lebih baik dalam mendeteksi area-area yang masih menunjukkan pemborosan energi. Informasi yang diperoleh melalui sistem pemantauan berbasis digital memungkinkan perusahaan mengambil keputusan secara lebih cepat dan akurat untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Sebagai contoh, teknologi pemantauan energi secara real time dapat membantu mengendalikan konsumsi bahan bakar pada armada alat berat, mengoptimalkan durasi penggunaan peralatan produksi, serta meminimalkan kehilangan energi selama proses operasional berlangsung. Dampak yang dihasilkan tidak hanya berupa penurunan konsumsi energi, tetapi juga berkontribusi pada berkurangnya emisi gas rumah kaca, menurunnya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, dan meningkatnya efektivitas pemanfaatan sumber daya alam (Jianchun, 2024).

Temuan dari berbagai penelitian semakin memperkuat pentingnya inovasi teknologi dalam mendukung transformasi industri pertambangan yang berkelanjutan. Amegboleza dan Ülkü (2026) mengemukakan bahwa penerapan teknologi yang tepat mampu menciptakan efisiensi operasional yang berkelanjutan dan meningkatkan produktivitas perusahaan. Hasil penelitian Jianchun (2024) juga menunjukkan bahwa penggunaan teknologi yang berorientasi lingkungan dalam praktik green mining memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan performa lingkungan dan keberlanjutan perusahaan. Sejalan dengan temuan tersebut, Blinova et al.(2022) menegaskan bahwa inovasi teknologi berperan penting dalam mendukung implementasi ekonomi sirkular melalui optimalisasi penggunaan sumber daya, peningkatan efisiensi proses produksi, serta pengurangan limbah yang dihasilkan selama kegiatan operasional pertambangan.

Tabel 2 dibawah ini memperlihatkan bahwa seluruh penelitian menempatkan inovasi teknologi sebagai faktor pendukung utama dalam implementasi efisiensi energi. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan program efisiensi energi tidak hanya bergantung pada kebijakan manajemen, tetapi juga pada kemampuan perusahaan mengadopsi teknologi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Dalam konteks Indonesia, penerapan teknologi energi yang efisien memiliki relevansi yang tinggi terhadap indikator PROPER, khususnya pada aspek konservasi energi, pengurangan emisi, dan inovasi lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kebaruan melalui integrasi hubungan antara inovasi teknologi, efisiensi energi, kinerja lingkungan, dan pencapaian PROPER yang masih jarang dibahas secara khusus dalam literatur pertambangan Indonesia.

Tabel 2. Temuan Utama Tema Inovasi Teknologi sebagai Penggerak Efisiensi Energi dan Keberlanjutan Industri Pertambangan

Penulis	Judul dan Tahun	Tujuan	Temuan	Metodologi
Amegboleza dan Ülkü	<i>Advancing Sustainable Operational Efficiency in the Mining Industry (2025)</i>	Mengidentifikasi strategi efisiensi operasional berkelanjutan	Inovasi teknologi meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan operasional	Systematic Literature Review
Jianchun	<i>Effects of Green Mining Practices on Corporate Sustainable Development (2024)</i>	Menganalisis pengaruh green mining terhadap keberlanjutan perusahaan	Teknologi ramah lingkungan meningkatkan kinerja lingkungan perusahaan	Structural Equation Modeling
Blinova et al.	<i>Analyzing the Concept of Corporate Sustainability in the Mining Sector (2022)</i>	Mengkaji keberlanjutan sektor pertambangan berbasis ekonomi sirkular	Inovasi teknologi meningkatkan efisiensi sumber daya dan keberlanjutan	Kajian Konseptual

C. Tema 3 Integrasi Energi Terbarukan dalam Operasi Pertambangan

Berdasarkan hasil sintesis berbagai penelitian, pemanfaatan energi terbarukan semakin dipandang sebagai pendekatan strategis untuk meningkatkan efisiensi energi sekaligus memperkuat keberlanjutan sektor pertambangan. Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil selama ini tidak hanya menyebabkan tingginya biaya operasional energi, tetapi juga menjadi salah satu sumber utama emisi gas rumah kaca pada kegiatan pertambangan. Kondisi tersebut mendorong banyak perusahaan untuk mulai mengadopsi sumber energi alternatif, seperti tenaga surya, tenaga angin, biomassa, maupun sistem energi hibrida yang menggabungkan beberapa sumber energi dalam satu sistem operasi. Langkah ini dilakukan bukan semata-mata untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, tetapi juga untuk meningkatkan keamanan pasokan energi, mengurangi kerentanan terhadap perubahan harga energi global, serta mendukung pencapaian target dekarbonisasi yang semakin menjadi perhatian industri pertambangan modern (Ali & Kim, 2024), (Sitompul et al., 2024).

Dalam praktiknya, energi terbarukan telah dimanfaatkan pada berbagai aktivitas operasional pertambangan. Penerapan tersebut mencakup penyediaan listrik di kawasan tambang, pengoperasian fasilitas pengolahan dan pemurnian mineral, sistem penerangan area kerja, hingga mendukung program elektrifikasi peralatan tambang. Sejumlah studi menunjukkan bahwa penggunaan pembangkit listrik tenaga surya serta sistem hybrid yang menggabungkan energi terbarukan dengan sumber energi konvensional mampu secara signifikan mengurangi konsumsi bahan bakar diesel, terutama pada lokasi tambang yang berada di wilayah terpencil dan belum terhubung dengan jaringan listrik utama. Selain menghasilkan penghematan biaya energi dalam jangka panjang, implementasi energi terbarukan juga memberikan manfaat lingkungan yang nyata melalui penurunan emisi karbon dan peningkatan kualitas kinerja lingkungan perusahaan (Sitompul et al., 2024).

Temuan penelitian yang dilakukan oleh Sitompul et al. (2024) memperlihatkan bahwa adopsi energi terbarukan memberikan kontribusi positif terhadap performa perusahaan, baik dari sisi efisiensi operasional maupun aspek keberlanjutan lingkungan. Hasil tersebut sejalan dengan pandangan Ali dan Kim (2024) yang menegaskan bahwa percepatan transisi energi merupakan agenda strategis dalam pengembangan sektor energi dan pertambangan di Indonesia. Dengan

demikian, integrasi energi terbarukan dapat dipahami bukan hanya sebagai pilihan teknologi untuk meningkatkan efisiensi perusahaan, melainkan juga sebagai bagian dari transformasi yang lebih luas menuju pembangunan rendah karbon, pengurangan emisi, dan pengelolaan sumber daya alam yang lebih berkelanjutan di tingkat nasional.

Tabel 3. Temuan Utama Tema Integrasi Energi Terbarukan dalam Operasi Pertambangan

Penulis	Judul dan Tahun	Tujuan	Temuan	Metodologi
Sitompul et al.	<i>Use of Renewable Energy to Enhance Firm Performance</i> (2024)	Mengkaji pengaruh energi terbarukan terhadap kinerja perusahaan	Energi terbarukan meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan perusahaan	Systematic Literature Review
Ali dan Kim	<i>Analysis of Indonesia's Priority Selection: Energy Transition, Energy Related Measures, Mining Governance, and Resource Transition</i> (2024)	Menganalisis prioritas transisi energi dan tata kelola pertambangan Indonesia	Transisi energi menjadi faktor penting dalam keberlanjutan sektor pertambangan	Analytic Hierarchy Process
Dikgwatlhe et al.	<i>A Review of the Integration of Clean Energy Technology in the Mining Industry</i> (2025)	Mengkaji peluang dan tantangan integrasi energi bersih di sektor pertambangan	Energi bersih mampu menurunkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan emisi karbon	Literature Review
Roemer et al.	<i>Energy Consumption, Decarbonization Pathways, and Renewable Energy Integration in the Mining Industry</i> (2025)	Menganalisis jalur dekarbonisasi sektor pertambangan	Integrasi energi terbarukan mendukung efisiensi energi dan pengurangan emisi	System Level Review

Berdasarkan Tabel 3, sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa penerapan energi terbarukan memberikan dampak positif terhadap efisiensi energi dan kinerja lingkungan pada industri pertambangan. Penggunaan sumber energi seperti tenaga surya, tenaga angin, biomassa, dan sistem hibrida terbukti mampu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang selama ini menjadi sumber utama emisi gas rumah kaca. Dengan demikian, energi terbarukan tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi alternatif, tetapi juga menjadi bagian penting dari strategi operasional perusahaan dalam mendukung praktik pertambangan yang lebih berkelanjutan.

Dari sisi operasional, manfaat yang paling banyak dilaporkan adalah berkurangnya konsumsi bahan bakar diesel, meningkatnya efisiensi penggunaan energi, serta menurunnya biaya energi dalam jangka panjang. Implementasi energi terbarukan juga membantu meningkatkan keandalan pasokan energi, terutama pada lokasi tambang terpencil yang memiliki keterbatasan akses terhadap jaringan listrik nasional. Kondisi ini memungkinkan perusahaan menjaga kontinuitas operasi sekaligus mengurangi risiko yang timbul akibat fluktuasi harga bahan bakar fosil. Selain memberikan manfaat ekonomi, penggunaan energi terbarukan juga berkontribusi langsung terhadap penurunan emisi karbon dan peningkatan kinerja lingkungan perusahaan.

Dalam konteks Indonesia, temuan ini relevan dengan beberapa indikator penilaian PROPER, terutama yang berkaitan dengan konservasi energi, pengurangan emisi gas rumah kaca, dan inovasi lingkungan. Perusahaan yang mampu mengintegrasikan energi terbarukan ke dalam kegiatan operasionalnya memiliki peluang lebih besar untuk meningkatkan kinerja lingkungan dan memperoleh peringkat PROPER yang lebih tinggi, termasuk kategori Hijau dan Emas. Penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan menghubungkan aspek energi terbarukan, efisiensi energi, kinerja lingkungan, dan pencapaian PROPER dalam sektor pertambangan Indonesia. Kajian ini memperkuat pemahaman bahwa penggunaan energi terbarukan tidak hanya mendukung dekarbonisasi, tetapi juga dapat menjadi strategi praktis untuk meningkatkan kinerja lingkungan serta keberlanjutan operasional perusahaan pertambangan.

D. Tema 4 Keterkaitan Efisiensi Energi dengan Kinerja Lingkungan Perusahaan Pertambangan

Hasil kajian literatur memperlihatkan adanya hubungan yang erat antara peningkatan efisiensi energi dan perbaikan kinerja lingkungan pada perusahaan pertambangan. Aktivitas pertambangan membutuhkan energi dalam jumlah besar untuk mendukung berbagai tahapan operasi, mulai dari eksplorasi, ekstraksi material, transportasi, pengolahan bijih, hingga proses pemurnian. Besarnya kebutuhan energi tersebut berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca, penggunaan sumber daya alam yang lebih intensif, serta berbagai tekanan lingkungan lainnya. Dalam kondisi tersebut, penerapan efisiensi energi menjadi salah satu pendekatan yang paling relevan untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus mendukung pencapaian prinsip pembangunan berkelanjutan (Jianchun, 2024), (Blinova et al., 2022).

Pada tingkat operasional, efisiensi energi dapat dicapai melalui berbagai langkah, seperti menekan konsumsi energi per unit produksi, meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar, memperbaiki peralatan yang kurang efisien, menerapkan sistem manajemen energi, serta memanfaatkan teknologi yang memiliki kinerja energi lebih baik. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa perusahaan yang mampu mengelola energi secara efektif umumnya memiliki tingkat emisi karbon yang lebih rendah, penggunaan sumber daya yang lebih optimal, dan dampak pencemaran yang lebih kecil dibandingkan perusahaan yang belum menerapkan efisiensi energi secara maksimal (Amegboleza & Ülkü, 2026). Dengan demikian, manfaat efisiensi energi tidak hanya dirasakan dalam bentuk pengurangan biaya operasional, tetapi juga tercermin pada peningkatan kualitas pengelolaan lingkungan perusahaan.

Temuan Zhu dan Lin dalam Sitompul et al. (2024), menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi energi memiliki pengaruh langsung terhadap peningkatan efisiensi lingkungan pada sektor pertambangan. Penelitian tersebut menegaskan bahwa penerapan inovasi teknologi yang mampu menghemat energi dapat mempercepat perbaikan kinerja lingkungan perusahaan. Hasil yang sejalan juga dilaporkan oleh Jianchun (2024), yang menyatakan bahwa praktik green mining yang didukung oleh pengelolaan energi yang baik berkontribusi terhadap peningkatan keberlanjutan perusahaan melalui perbaikan berbagai indikator lingkungan. Selain itu, Essuman et al. (2026) mengemukakan bahwa keberhasilan perusahaan dalam mencapai kinerja lingkungan yang lebih baik sangat dipengaruhi oleh kemampuannya mengintegrasikan inovasi ramah lingkungan dan mengelola sumber daya secara efisien. Temuan-temuan tersebut

memperkuat argumentasi bahwa efisiensi energi merupakan faktor penting yang berperan dalam meningkatkan performa lingkungan perusahaan pertambangan.

Tabel 4. Temuan Utama Tema Keterkaitan Efisiensi Energi dengan Kinerja Lingkungan Perusahaan Pertambangan

Penulis	Judul dan Tahun	Tujuan	Temuan	Metodologi
Zhu dan Lin	<i>Technological Innovation and Environmental Efficiency in the Mining Industry</i> (2025)	Menganalisis hubungan inovasi teknologi, efisiensi energi, dan efisiensi lingkungan	Efisiensi energi meningkatkan efisiensi lingkungan secara signifikan	Analisis Empiris
Jianchun	<i>Effects of Green Mining Practices on Corporate Sustainable Development</i> (2024)	Menganalisis pengaruh green mining terhadap keberlanjutan perusahaan	Pengelolaan energi yang baik meningkatkan kinerja lingkungan perusahaan	Structural Equation Modeling
Essuman et al.	<i>Corporate Environmental Performance Through Green Innovation and Natural Resource Based View</i> (2025)	Mengkaji faktor yang memengaruhi kinerja lingkungan perusahaan	Efisiensi sumber daya dan inovasi hijau meningkatkan kinerja lingkungan	Literature Review
Blinova et al.	<i>Analyzing the Concept of Corporate Sustainability in the Mining Sector</i> (2022)	Menganalisis konsep keberlanjutan sektor pertambangan	Efisiensi energi mendukung keberlanjutan dan efisiensi penggunaan sumber daya	Kajian Konseptual
Amegboleza dan Ülkü	<i>Advancing Sustainable Operational Efficiency in the Mining Industry</i> (2025)	Mengidentifikasi strategi efisiensi operasional berkelanjutan	Efisiensi energi meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan	Systematic Literature Review

Berdasarkan Tabel 4, hasil kajian menunjukkan bahwa efisiensi energi berkontribusi langsung terhadap peningkatan kinerja lingkungan perusahaan pertambangan. Perusahaan yang mampu mengurangi konsumsi energi dalam kegiatan penambangan, pengangkutan, pengolahan, dan pemurnian cenderung memiliki tingkat emisi yang lebih rendah serta penggunaan sumber daya yang lebih efisien. Kondisi ini menunjukkan bahwa efisiensi energi tidak hanya memberikan manfaat ekonomi melalui pengurangan biaya operasional, tetapi juga menjadi salah satu faktor penting dalam memperbaiki performa lingkungan perusahaan. Semakin efisien penggunaan energi, semakin kecil pula dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas operasional pertambangan.

Hasil sintesis literatur mengidentifikasi beberapa mekanisme yang menjelaskan hubungan tersebut. Pengurangan konsumsi energi secara langsung menurunkan kebutuhan bahan bakar fosil sehingga emisi gas rumah kaca dapat ditekan. Selain itu, efisiensi energi membantu mengurangi pemborosan energi dan meningkatkan efektivitas penggunaan sumber daya dalam

setiap proses produksi. Penerapan teknologi hemat energi juga sering diikuti oleh inovasi lingkungan, seperti modernisasi peralatan, digitalisasi sistem operasi, dan penerapan sistem manajemen energi yang lebih baik. Kombinasi berbagai upaya tersebut tidak hanya meningkatkan produktivitas operasional, tetapi juga memperkuat pencapaian target keberlanjutan perusahaan.

Dalam konteks industri pertambangan Indonesia, temuan ini memiliki relevansi yang kuat terhadap pencapaian PROPER. Program PROPER menilai berbagai aspek yang berkaitan dengan efisiensi energi, antara lain konservasi energi, pengurangan emisi gas rumah kaca, efisiensi penggunaan sumber daya, dan inovasi lingkungan. Oleh karena itu, perusahaan yang mampu menerapkan efisiensi energi secara berkelanjutan memiliki peluang lebih besar untuk meningkatkan kualitas kinerja lingkungannya dan memperoleh peringkat PROPER yang lebih baik. Penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi energi dapat dijadikan strategi operasional utama untuk mendukung keberlanjutan perusahaan, meningkatkan daya saing, serta memperkuat pencapaian indikator lingkungan yang menjadi dasar penilaian PROPER.

E. Tema 5 Peran Efisiensi Energi dalam Mendukung Pencapaian PROPER

Berdasarkan hasil kajian literatur, efisiensi energi memiliki peran penting dalam meningkatkan kinerja lingkungan perusahaan yang selaras dengan kriteria penilaian Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup (PROPER). Walaupun sebagian besar penelitian internasional tidak secara khusus membahas PROPER, berbagai temuan menunjukkan adanya keterkaitan yang kuat antara hasil implementasi efisiensi energi dan aspek-aspek yang dinilai dalam program tersebut. Keterkaitan tersebut terutama terlihat pada indikator konservasi energi, pengurangan emisi gas rumah kaca, peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya, inovasi lingkungan, serta penerapan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam kegiatan operasional perusahaan (Amegboleza & Ülkü, 2026), (Roemer et al., 2026).

Pada sektor pertambangan, penerapan efisiensi energi dilakukan melalui berbagai upaya, seperti menekan konsumsi energi per satuan produksi, meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar, memperbarui peralatan produksi menjadi lebih hemat energi, menerapkan sistem manajemen energi, serta mengadopsi teknologi rendah karbon. Berbagai langkah tersebut terbukti mampu menurunkan emisi karbon, meningkatkan produktivitas energi, dan mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas pertambangan. Karena indikator-indikator tersebut juga menjadi bagian penting dalam penilaian PROPER, perusahaan yang menerapkan program efisiensi energi secara berkelanjutan memiliki peluang lebih besar untuk menunjukkan kinerja lingkungan yang lebih baik dan memperoleh peringkat PROPER yang lebih tinggi.

Temuan Roemer et al. (2026) menunjukkan bahwa efisiensi energi merupakan elemen kunci dalam strategi dekarbonisasi industri pertambangan karena mampu menurunkan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca secara bersamaan. Hasil penelitian tersebut sejalan dengan tujuan PROPER yang menempatkan pengurangan emisi sebagai salah satu indikator utama dalam evaluasi lingkungan perusahaan. Di sisi lain, Amegboleza dan Ülkü (2026) menjelaskan bahwa peningkatan efisiensi operasional yang didukung pengelolaan energi yang baik dapat

memperkuat keberlanjutan perusahaan melalui pemanfaatan sumber daya yang lebih efektif dan pengurangan dampak lingkungan. Temuan tersebut menegaskan bahwa efisiensi energi tidak hanya berfungsi sebagai upaya teknis untuk menghemat energi, tetapi juga merupakan bagian dari strategi pengelolaan lingkungan yang berkontribusi terhadap pencapaian berbagai indikator keberlanjutan dan penilaian PROPER.

Tabel 5. Temuan Utama Tema Peran Efisiensi Energi dalam Mendukung Pencapaian PROPER

Penulis	Judul dan Tahun	Tujuan	Temuan	Metodologi
Roemer et al.	<i>Energy Consumption, Decarbonization Pathways, and Renewable Energy Integration in the Mining Industry</i> (2026)	Menganalisis konsumsi energi dan jalur dekarbonisasi pertambangan	Efisiensi energi menurunkan emisi dan meningkatkan kinerja lingkungan	System Level Review
Amegboleza dan Ülkü	<i>Advancing Sustainable Operational Efficiency in the Mining Industry</i> (2026)	Mengidentifikasi strategi efisiensi operasional berkelanjutan	Efisiensi energi meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi sumber daya	Systematic Literature Review
Jianchun	<i>Effects of Green Mining Practices on Corporate Sustainable Development</i> (2024)	Menganalisis praktik green mining terhadap keberlanjutan perusahaan	Pengelolaan energi yang baik meningkatkan kinerja lingkungan perusahaan	Structural Equation Modeling
Ali dan Kim	<i>Analysis of Indonesia's Priority Selection: Energy Transition, Energy Related Measures, Mining Governance, and Resource Transition</i> (2024)	Menganalisis prioritas transisi energi dan tata kelola pertambangan Indonesia	Transisi energi menjadi faktor penting dalam peningkatan keberlanjutan sektor pertambangan	Analytic Hierarchy Process
Blinova et al.	<i>Analyzing the Concept of Corporate Sustainability in the Mining Sector</i> (2022)	Mengkaji konsep keberlanjutan sektor pertambangan	Efisiensi energi mendukung keberlanjutan dan efisiensi penggunaan sumber daya	Kajian Konseptual

Berdasarkan Tabel 5, hasil kajian menunjukkan bahwa efisiensi energi mendukung pencapaian kinerja lingkungan melalui beberapa jalur utama. Pertama, pengurangan konsumsi energi akan menurunkan penggunaan bahan bakar fosil sehingga emisi gas rumah kaca dapat dikurangi. Kedua, efisiensi energi meningkatkan efektivitas penggunaan sumber daya dalam proses produksi, yang merupakan salah satu indikator penting dalam evaluasi kinerja lingkungan perusahaan. Ketiga, program efisiensi energi umumnya mendorong penggunaan teknologi yang lebih bersih dan modern sehingga menghasilkan inovasi lingkungan yang berkelanjutan. Dengan demikian, manfaat efisiensi energi tidak hanya terbatas pada penghematan energi, tetapi juga berdampak langsung pada peningkatan kualitas lingkungan perusahaan.

Dalam konteks penilaian PROPER di Indonesia, temuan tersebut memiliki relevansi yang sangat kuat. Untuk memperoleh peringkat PROPER Hijau atau Emas, perusahaan harus menunjukkan kinerja yang melampaui kepatuhan dasar melalui konservasi energi, pengurangan emisi gas rumah kaca, efisiensi penggunaan sumber daya, dan inovasi lingkungan. Hasil sintesis menunjukkan bahwa seluruh aspek tersebut dapat diperkuat melalui penerapan program efisiensi energi yang terintegrasi dalam kegiatan operasional pertambangan. Oleh karena itu, efisiensi energi dapat dipandang sebagai salah satu strategi utama dalam meningkatkan peluang perusahaan memperoleh peringkat PROPER yang lebih tinggi.

Kajian ini juga menemukan bahwa penelitian yang secara khusus menghubungkan efisiensi energi dengan pencapaian PROPER masih relatif terbatas. Sebagian besar studi sebelumnya hanya membahas hubungan efisiensi energi dengan kinerja lingkungan atau dekarbonisasi tanpa mengaitkannya dengan sistem penilaian lingkungan yang berlaku di Indonesia. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu mendapat perhatian lebih lanjut. Penelitian ini memberikan kontribusi dengan mengintegrasikan konsep efisiensi energi, kinerja lingkungan, dan pencapaian PROPER dalam satu kerangka analisis. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat pemahaman mengenai pengaruh efisiensi energi terhadap peningkatan kinerja lingkungan. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi dasar bagi perusahaan pertambangan dan regulator untuk menjadikan efisiensi energi sebagai instrumen utama dalam meningkatkan kualitas pengelolaan lingkungan serta mendukung pencapaian peringkat PROPER yang lebih baik.

F. Sintesis Antar Tema

Hasil sintesis seluruh tema menunjukkan bahwa efisiensi energi merupakan faktor utama yang menghubungkan kinerja operasional, kinerja lingkungan, dan keberlanjutan pada industri pertambangan. Efisiensi energi tidak hanya berfungsi untuk mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional, tetapi juga berperan dalam menurunkan emisi, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, serta mendukung pencapaian target lingkungan perusahaan. Oleh karena itu, efisiensi energi dapat dipandang sebagai strategi yang memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan secara bersamaan. Perusahaan yang mampu mengelola energi secara efektif umumnya memiliki kinerja lingkungan yang lebih baik, tingkat emisi yang lebih rendah, dan kemampuan yang lebih tinggi dalam memenuhi tuntutan regulasi keberlanjutan.

Berdasarkan Tema 1, efisiensi energi terbukti menjadi dasar peningkatan kinerja lingkungan perusahaan pertambangan. Pengurangan penggunaan energi pada proses penambangan, pengangkutan, pengolahan, dan pemurnian mineral secara langsung mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca. Selain itu, efisiensi energi juga meningkatkan efektivitas pemanfaatan sumber daya alam. Temuan ini menunjukkan bahwa upaya perbaikan lingkungan perlu dimulai dari pengelolaan energi pada proses operasional, bukan hanya melalui pengendalian pencemaran di akhir proses produksi.

Tema 2 menunjukkan bahwa inovasi teknologi merupakan faktor penting yang mendukung keberhasilan efisiensi energi. Penerapan sistem manajemen energi digital, sensor pemantauan, otomatisasi proses, kecerdasan buatan, dan elektrifikasi peralatan tambang membantu

perusahaan mengendalikan penggunaan energi secara lebih akurat dan efisien. Teknologi juga memudahkan identifikasi pemborosan energi sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan lebih cepat. Dengan demikian, inovasi teknologi berperan sebagai pendorong utama peningkatan efisiensi energi dan kinerja lingkungan.

Pada Tema 3 dan Tema 4, integrasi energi terbarukan dan dekarbonisasi memiliki hubungan yang erat dengan efisiensi energi. Penggunaan tenaga surya, tenaga angin, biomassa, dan sistem energi hibrida membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta menurunkan emisi karbon. Pada saat yang sama, efisiensi energi menjadi langkah yang paling cepat dan relatif ekonomis untuk mendukung target dekarbonisasi sektor pertambangan. Kombinasi efisiensi energi dan energi terbarukan memungkinkan perusahaan mengurangi jejak karbon sekaligus meningkatkan ketahanan energi operasional.

Tema 5 menunjukkan bahwa perusahaan dengan tingkat efisiensi energi yang lebih tinggi cenderung memiliki kinerja lingkungan yang lebih baik. Hubungan tersebut terjadi melalui penurunan konsumsi energi, pengurangan emisi, peningkatan efisiensi sumber daya, dan optimalisasi proses produksi. Sementara itu, Tema 6 menunjukkan bahwa manfaat tersebut berkaitan langsung dengan indikator penilaian PROPER, seperti konservasi energi, pengurangan emisi gas rumah kaca, efisiensi sumber daya, dan inovasi lingkungan. Oleh karena itu, perusahaan yang berhasil menerapkan efisiensi energi secara konsisten memiliki peluang lebih besar untuk memperoleh peringkat PROPER yang lebih tinggi, khususnya pada kategori Hijau dan Emas.

Secara keseluruhan, sintesis ini menunjukkan adanya hubungan yang saling memperkuat antara inovasi teknologi, energi terbarukan, efisiensi energi, kinerja lingkungan, dekarbonisasi, dan pencapaian PROPER. Efisiensi energi menjadi pusat dari hubungan tersebut karena berfungsi sebagai penghubung antara peningkatan produktivitas operasional dan keberlanjutan lingkungan. Dengan demikian, transformasi menuju pertambangan berkelanjutan memerlukan strategi pengelolaan energi yang terintegrasi melalui penerapan teknologi modern, pemanfaatan energi terbarukan, peningkatan efisiensi operasional, serta penguatan kinerja lingkungan secara berkelanjutan.

Pembahasan

Hasil systematic literature review menunjukkan bahwa efisiensi energi merupakan faktor utama yang memengaruhi kinerja lingkungan dan keberlanjutan industri pertambangan. Temuan ini sejalan dengan perspektif Natural Resource Based View (NRBV) yang menekankan bahwa kemampuan perusahaan dalam mengelola sumber daya secara efisien dapat meningkatkan daya saing sekaligus memperbaiki kinerja lingkungan (Blinova et al., 2022), (Essuman et al., 2026). Dalam industri pertambangan, energi menjadi sumber daya yang sangat penting karena digunakan pada hampir seluruh proses operasional, mulai dari penambangan hingga pengolahan mineral. Oleh karena itu, pengelolaan energi yang efisien dapat membantu perusahaan mengurangi emisi, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, dan memperkuat keberlanjutan operasional.

Hasil kajian menunjukkan bahwa efisiensi energi berkontribusi langsung terhadap peningkatan kinerja lingkungan. Pengurangan konsumsi energi berdampak pada menurunnya penggunaan bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca. Temuan ini mendukung penelitian Zhu dan Lin

yang menyatakan bahwa peningkatan efisiensi energi mampu meningkatkan efisiensi lingkungan melalui penurunan intensitas energi dan emisi karbon (Zhu & Lin, 2025). Hasil yang sama juga ditemukan oleh Roemer et al. yang menegaskan bahwa efisiensi energi merupakan langkah awal yang paling efektif dalam strategi dekarbonisasi sektor pertambangan karena relatif mudah diterapkan dan memberikan dampak lingkungan yang cepat (Roemer et al., 2026).

Kajian ini juga menemukan bahwa inovasi teknologi berperan penting dalam meningkatkan efektivitas program efisiensi energi. Penerapan sistem manajemen energi digital, otomatisasi operasi tambang, sensor pemantauan energi, elektrifikasi alat berat, dan teknologi berbasis data memungkinkan perusahaan mengendalikan penggunaan energi secara lebih optimal. Temuan ini mendukung teori Ecological Modernization yang menjelaskan bahwa kemajuan teknologi dapat mendorong pertumbuhan ekonomi sekaligus mengurangi tekanan terhadap lingkungan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Amegboleza dan Ülkü yang menunjukkan bahwa transformasi teknologi menjadi faktor penting dalam menciptakan efisiensi operasional yang berkelanjutan (Amegboleza & Ülkü, 2026).

Selain teknologi, integrasi energi terbarukan juga menjadi faktor yang memperkuat keberhasilan efisiensi energi. Pemanfaatan tenaga surya, tenaga angin, biomassa, dan sistem energi hibrida membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus menurunkan emisi karbon. Temuan ini konsisten dengan penelitian Sitompul et al. yang menyatakan bahwa energi terbarukan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan kinerja keberlanjutan perusahaan (Sitompul et al., 2024). Dengan demikian, efisiensi energi dan transisi energi merupakan dua strategi yang saling melengkapi dalam mendukung pertambangan berkelanjutan.

Hasil sintesis juga menunjukkan bahwa keberhasilan efisiensi energi tidak hanya ditentukan oleh teknologi, tetapi juga dipengaruhi oleh komitmen manajemen, tata kelola lingkungan, inovasi hijau, dan budaya organisasi. Temuan ini mendukung penelitian Jianchun yang menunjukkan bahwa praktik green mining dapat meningkatkan keberlanjutan perusahaan melalui dukungan inovasi dan komitmen lingkungan yang kuat (Jianchun, 2024). Oleh karena itu, implementasi efisiensi energi perlu dilakukan secara terintegrasi antara aspek teknis dan manajerial.

Temuan penting lainnya adalah adanya hubungan yang kuat antara efisiensi energi dan pencapaian PROPER. Aspek konservasi energi, pengurangan emisi gas rumah kaca, efisiensi sumber daya, dan inovasi lingkungan yang menjadi bagian dari program efisiensi energi juga merupakan komponen utama dalam penilaian PROPER. Hasil ini memperluas kajian sebelumnya yang lebih banyak membahas efisiensi energi dalam konteks dekarbonisasi dan keberlanjutan, tanpa menghubungkannya secara langsung dengan sistem evaluasi lingkungan di Indonesia (Ali & Kim, 2024).

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi energi merupakan elemen strategis yang menghubungkan inovasi teknologi, energi terbarukan, kinerja lingkungan, dan pencapaian PROPER. Oleh karena itu, program efisiensi energi perlu ditempatkan sebagai bagian dari strategi keberlanjutan perusahaan, bukan sekadar upaya penghematan biaya. Bagi perusahaan pertambangan, investasi pada teknologi hemat energi dan energi terbarukan dapat

meningkatkan produktivitas sekaligus memperbaiki kinerja lingkungan. Sementara itu, bagi pemerintah dan regulator, penguatan kebijakan konservasi energi dan insentif lingkungan dapat mempercepat terwujudnya industri pertambangan yang lebih kompetitif, rendah karbon, dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan menganalisis peran efisiensi energi dalam mendukung kinerja lingkungan dan pencapaian PROPER pada industri pertambangan Indonesia melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR). Hasil kajian menunjukkan bahwa efisiensi energi merupakan faktor strategis yang berkontribusi terhadap peningkatan keberlanjutan perusahaan pertambangan. Manfaat yang dihasilkan tidak hanya berupa penurunan konsumsi energi dan biaya operasional, tetapi juga mencakup pengurangan emisi gas rumah kaca, peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya, penguatan praktik pertambangan berkelanjutan, dan dukungan terhadap upaya dekarbonisasi sektor pertambangan. Penelitian ini juga menemukan bahwa keberhasilan implementasi efisiensi energi sangat dipengaruhi oleh inovasi teknologi dan integrasi energi terbarukan. Penerapan sistem manajemen energi, digitalisasi operasi, otomatisasi proses, serta pemanfaatan energi terbarukan terbukti mampu meningkatkan efektivitas penggunaan energi sekaligus memperbaiki kinerja lingkungan perusahaan. Selain itu, perusahaan dengan tingkat efisiensi energi yang lebih tinggi cenderung memiliki kualitas pengelolaan lingkungan yang lebih baik melalui penurunan emisi, optimalisasi penggunaan sumber daya, dan peningkatan inovasi lingkungan.

Temuan penting lainnya menunjukkan adanya keterkaitan yang kuat antara implementasi efisiensi energi dan pencapaian indikator dalam sistem penilaian PROPER. Program konservasi energi, pengurangan emisi gas rumah kaca, efisiensi sumber daya, dan inovasi lingkungan yang merupakan bagian dari strategi efisiensi energi memiliki hubungan langsung dengan komponen penilaian PROPER, terutama pada kategori Hijau dan Emas. Oleh karena itu, perusahaan yang mampu mengintegrasikan efisiensi energi ke dalam strategi operasional dan keberlanjutannya memiliki peluang lebih besar untuk meningkatkan peringkat PROPER dan memperoleh pengakuan atas kinerja lingkungan yang unggul. Dari sisi akademik, penelitian ini memberikan kontribusi melalui pengembangan kerangka analisis yang mengintegrasikan efisiensi energi, inovasi teknologi, energi terbarukan, kinerja lingkungan, dan PROPER dalam satu perspektif yang komprehensif. Temuan ini juga memperkuat pengembangan teori keberlanjutan, Natural Resource Based View, dan Ecological Modernization Theory dalam konteks industri pertambangan.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan karena menggunakan pendekatan SLR yang bergantung pada kualitas dan ketersediaan literatur yang dianalisis. Sebagian besar publikasi yang digunakan juga berasal dari konteks internasional sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi industri pertambangan di Indonesia. Selain itu, penelitian ini belum melakukan pengujian empiris secara langsung terhadap hubungan antara efisiensi energi, kinerja lingkungan, dan pencapaian PROPER pada tingkat perusahaan. Oleh sebab itu, penelitian selanjutnya perlu melakukan analisis empiris menggunakan data

perusahaan pertambangan peserta PROPER serta mengembangkan model kuantitatif yang menguji peran inovasi teknologi dan energi terbarukan dalam hubungan tersebut. Dari sisi kebijakan, pemerintah dan regulator perlu memperkuat insentif konservasi energi, pengurangan emisi, dan inovasi lingkungan, serta meningkatkan integrasi indikator efisiensi energi dalam mekanisme penilaian PROPER. Dengan demikian, efisiensi energi dapat menjadi instrumen utama dalam mendorong transformasi industri pertambangan Indonesia menuju sektor yang lebih kompetitif, rendah karbon, berkelanjutan, dan memiliki kinerja lingkungan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alchokr, R., Sunilkumar, A., Saake, G., Leich, T., & Krüger, J. (2025). A comparative analysis of support techniques for assessing the quality of systematic literature reviews. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-93043-5_25
- Ali, P. O., & Kim, K. N. (2024). Analysis of Indonesia's priority selection: Energy transition, energy-related measures, mining governance, and resource transition using the analytic hierarchy process. *Energy for Sustainable Development*, 79, 101–115. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.02.005>
- Amegboleza, A. A., & Ülkü, M. A. (2026). Advancing sustainable operational efficiency in the mining industry: Trends, innovations, frameworks, and future research directions. *Sustainable Development*, 34(S1), 736–757. <https://doi.org/10.1002/sd.70211>
- Blinova, E., Ponomarenko, T., & Knysh, V. (2022). Analyzing the concept of corporate sustainability in the context of sustainable business development in the mining sector with elements of circular economy. *Sustainability*, 14(13), Article 8163. <https://doi.org/10.3390/su14138163>
- Essuman, A. N., Karikari, F. A., Boateng, S. A., Asongu, S., & Fumey, M. (2026). An outlook at corporate environmental performance through the lens of green supply chain management, green innovation, sustainable dynamic capabilities, and governance quality in an emerging economy. *Business Strategy and the Environment*, 35(1), 1317–1334. <https://doi.org/10.1002/bse.70236>
- García-Peñalvo, F. J. (2022). Developing robust state-of-the-art reports: Systematic literature reviews. *Education in the Knowledge Society*, 23. <https://doi.org/10.14201/eks.28600>
- Jianchun, Y. (2024). Effects of green mining practices on corporate sustainable development: Role of green innovation, green organizational commitment, and corporate social responsibility. *Frontiers in Environmental Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1402621>
- Kitchenham, B. A., Madeyski, L., & Budgen, D. (2023). SEGRESS: Software engineering guidelines for reporting secondary studies. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 49(3), 1273–1298. <https://doi.org/10.1109/TSE.2022.3174092>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Roemer, J., Bisulandu, B.-J. R. M., Rousse, D. R., Pellerin, M., Bozorg, M., & Ilinca, A. (2026). Energy consumption, decarbonization pathways, and renewable energy integration in the mining industry: A system-level review. *Energies*, 19(8), Article 1890. <https://doi.org/10.3390/en19081890>

- Sitompul, H., Saifi, M., Hutahayan, B., & Sunarti. (2024). Use of renewable energy to enhance firm performance: A systematic review. *Sustainability*, 16(21), Article 9157. <https://doi.org/10.3390/su16219157>
- Višić, M. (2022). Connecting puzzle pieces: Systematic literature review method in the social sciences. *Sociologija*, 64(4), 625–648. <https://doi.org/10.2298/SOC2204625V>