

**GOVERNANCE OF ENERGY INTENSITY IMPLEMENTATION: CASE
STUDY OF PT ALAMTRI RESOURCE INDONESIA TBK**

Sri Suryaningsum^{1*}, Bambang Mahendra Andhika², Nelly Roffiatun³

¹Program Pascasarjana Magister Akuntansi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, UPN Veteran Yogyakarta, Indonesia

²Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Terbuka, Indonesia

³Akuntansi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, UPN Veteran Yogyakarta, Indonesia

*srisuryaningsum@upnyk.ac.id¹, bambangmahendraandhika@gmail.com²,
142210078@student.upnyk.ac.id³*

**Correspondence paper*

Received August 04, 2025; Revised September 24, 2025; Accepted October 02, 2025; Published October 04, 2025

ABSTRACT

This study analyzes the governance of energy intensity implementation at PT Alamtri Resource Indonesia Tbk. (2019-2023) through a quantitative descriptive approach, namely calculating energy intensity and then conducting a comparative analysis of similar sectors. The results show significant fluctuations: energy intensity jumped 54% (2020) and 202% (2023) during production expansion without technological innovation, but dropped drastically by 61% (2021) and 60% (2022) post-infrastructure investment. Comparatively, the company's performance is consistently above the average of the Indonesian mining sector (0.28 SBM/million Rp), with a gap of 20 times the minimum sector value (2019). This dynamic is influenced by internal factors (economic activity, technical efficiency) and external factors such as regulatory pressures on Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), dependence on national infrastructure (network losses of 8.2%), and fluctuations in commodity prices. The managerial implications emphasize continued investment in equipment updates, technology integration during expansion, and collaboration with governments to mitigate systemic challenges. These findings are the basis for operational policies to achieve national targets while mitigating the risk of inefficiency.

Keywords: Governance energy intensity, energy efficiency, Indonesian mining sector, PT Alamtri Resource, Regulation

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis tata kelola implementasi intensitas energi pada PT Alamtri Resource Indonesia Tbk. (2019-2023) melalui pendekatan deskriptif kuantitatif, yaitu menghitung intensitas energi kemudian melakukan analisis komparatif terhadap sektor sejenis. Hasilnya menunjukkan fluktuasi signifikan: intensitas energi melonjak 54% (2020) dan 202% (2023) saat ekspansi produksi tanpa inovasi teknologi, tetapi turun drastis 61% (2021) dan 60% (2022) pasca-investasi infrastruktur. Secara komparatif, kinerja perusahaan konsisten di atas rata-rata sektor pertambangan Indonesia (0,28 SBM/juta Rp), dengan kesenjangan mencapai 20 kali nilai minimal sektor (2019). Dinamika ini dipengaruhi faktor internal (aktivitas ekonomi, efisiensi teknis) dan eksternal seperti tekanan regulasi Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), ketergantungan pada infrastruktur nasional (rugi-rugi jaringan 8,2%), serta fluktuasi harga komoditas. Implikasi manajerial menekankan investasi berkelanjutan dalam pembaruan peralatan, integrasi teknologi selama ekspansi, dan kolaborasi dengan pemerintah untuk mitigasi tantangan sistemik. Temuan ini menjadi dasar kebijakan operasional guna mencapai target nasional sekaligus memitigasi risiko inefisiensi.

Kata Kunci: Tata kelola Intensitas Energi, efisiensi energi, sektor pertambangan Indonesia, PT Alamtri Resource, regulasi



This is an open access article under the [Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

PENDAHULUAN

Perubahan iklim dan krisis energi global telah memicu respons transformatif di tingkat internasional, mendorong negara-negara untuk mengakselerasi kebijakan efisiensi energi. Fenomena ini menjadi tantangan strategis bagi Indonesia, mengingat sektor energi menyumbang 42% emisi gas rumah kaca nasional (ESDM, 2023). Tekanan ini semakin kritis seiring peningkatan konsumsi energi primer Indonesia sebesar 4,5% pada 2022, mencapai 1.206 juta SBM (Setara Barel Minyak). Ketergantungan pada energi fosil dan minimnya diversifikasi sumber terbarukan memperburuk kerentanan sistemik, menjadikan efisiensi energi sebagai pilar utama ketahanan nasional.

Dalam merespons tantangan global, pemerintah Indonesia menetapkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) 2024-2050 dengan target penurunan intensitas energi 1% per tahun hingga 2030. Sektor pertambangan ditetapkan sebagai prioritas utama karena kontribusinya yang signifikan terhadap konsumsi energi nasional dan kompleksitas operasionalnya. Data *Handbook of Energy & Economic Statistics* (ESDM, 2023) mengungkapkan bahwa intensitas energi sektor ini mencapai 0,28 SBM/juta Rp, 20% lebih tinggi daripada standar global (World Bank, 2022). Data ini menegaskan bahwa transformasi struktural penurunan intensitas energi pada perusahaan tambang sangat penting untuk mencapai target RUEN.

PT Alamtri Resource Indonesia Tbk. (ADRO) sebagai perusahaan pertambangan batu bara terkemuka menghadapi paradoks operasional: ekspansi produksi 2020-2023 justru meningkatkan beban energi sebesar 12% (ADRO, 2023). Padahal, pendapatan hanya tumbuh 8% dalam periode yang sama. Disparitas ini merefleksikan inefisiensi teknis sistemik, sebagaimana terkonfirmasi dalam laporan IESR (2023) bahwa intensitas energi pembangkit listrik Indonesia (0,39 kWh/USD PPP) melampaui Malaysia (0,33 kWh/USD PPP) dan Vietnam (0,35 kWh/USD PPP). Akar masalahnya terletak pada ketergantungan infrastruktur tua (>15 tahun) yang mendominasi 34% fasilitas produksi dan grid losses sebesar 8,2% akibat distribusi energi tidak optimal.

Studi terdahulu oleh Kartiasih et al., (2012) membuktikan 77% peningkatan intensitas energi nasional bersumber dari perubahan aktivitas ekonomi tanpa inovasi teknis. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum menyentuh aspek tata kelola (*governance*) implementasi intensitas energi pada level korporasi, khususnya mekanisme pengambilan keputusan strategis, alokasi anggaran, dan integrasi kebijakan ESG (*Environmental, Social, Governance*). Celah inilah yang menjadi kebaruan penelitian ini, dengan fokus pada dinamika mikroekonomi dalam kerangka regulasi makro. Selain itu temuan ini diperkuat oleh Pratiwi (2022) yang menganalisis determinan intensitas energi nasional periode 2000-2020, mengungkapkan kompleksitas faktor makroekonomi seperti FDI dan harga energi. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum menyentuh aspek tata kelola implementasi intensitas energi pada level korporasi, serta belum mengintegrasikan pembelajaran dari sektor lain seperti gedung perkantoran (Suswitaningrum et al., 2022) dan pendidikan (Faniama et al., 2024) yang telah sukses menerapkan audit energi dan konservasi.

Temuan penelitian ini diharapkan menjadi landasan kebijakan operasional bagi PT Alamtri Resources Indonesia (ADRO) dalam mengoptimalkan alokasi sumber daya untuk proyek efisiensi energi. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis tren intensitas energi PT Alamtri Resources Indonesia (ADRO) periode 2019-2023, (2) membandingkan kinerjanya dengan rata-rata sektor pertambangan Indonesia, dan (3) mengevaluasi hubungan pertumbuhan pendapatan dengan efisiensi energi. Temuan diharapkan menjadi landasan kebijakan operasional perusahaan dalam memitigasi risiko inefisiensi, sekaligus berkontribusi pada pencapaian target nasional dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN).

Kebaruan dalam penelitian ini adalah menyediakan analisis faktor internal dan faktor eksternal yang mempengaruhi capaian intensitas energi pada PT Alamtri Resources Indonesia (ADRO), kemudian hasil intensitas energi PT Alamtri Resources Indonesia (ADRO) ini dilakukan pembandingan intensitas energi pada rata-rata sektor energi dan pendapatan PT Alamtri Resources Indonesia (ADRO). Kebaruan yang selanjutnya adalah tahun yang digunakan menggunakan waktu selamase lama lima tahun yaitu tahun 2019 sd 2023. Hasil pembandingan ini akan berdampak pada langkah-langkah manajerial PT Alamtri Resources Indonesia (ADRO) dan sebagai strategi ke depan PT Alamtri Resources Indonesia (ADRO), sehingga bisa jadi rujukan *role model* bagi perusahaan-perusahaan energi dalam mengelola intensitas energinya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis tren dan kinerja intensitas energi ADRO selama periode 2019-2023. Analisis mengadopsi prinsip audit energi sebagaimana diterapkan dalam studi sektor gedung (Suswitaningrum et al., 2022; Faniama et al., 2024), dengan menghitung intensitas energi mengacu pada konsep Energy Consumption Intensity (IKE) yang telah terstandarisasi. Pendekatan ini dipilih karena mampu mendeskripsikan suatu fenomena secara sistematis, faktual, dan akurat dengan mengutamakan data numerik (Sugiyono, 2019). Penelitian ini tidak dimaksudkan untuk menguji hipotesis kausalitas, tetapi untuk memetakan dinamika dan membandingkan kinerja perusahaan terhadap benchmark sektoral.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif secara eksklusif untuk menggambarkan kinerja intensitas energi ADRO periode 2019-2023. Analisis dilakukan dalam dua tahap:

1. Perhitungan Intensitas Energi

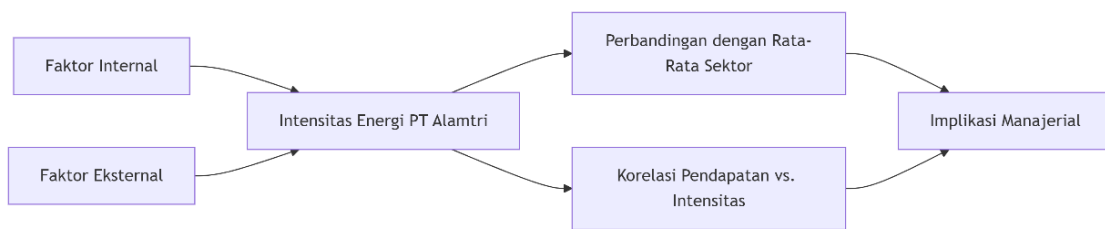
Intensitas energi dihitung dengan rumus $EI = EC/P$, di mana EC adalah total konsumsi energi (dalam GJ) dan P adalah output produksi (US\$). Hasil perhitungan disajikan dalam tabel time-series untuk mengidentifikasi tren fluktuasi.

2. Analisis Komparatif

Nilai intensitas energi PT Alamtri dibandingkan dengan rata-rata industri dan standar sektor (misalnya, perusahaan tambang lain atau target RUEN). Perbandingan ini mengacu pada metrik makro (GJ/USD).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembahasan ini dilakukan penghitungan intensitas energi pada kasus PT Alamtri Indonesia (ADRO) dengan memaparkan hasil analisis faktor internal dan faktor eksternal mempengaruhi capaian intensitas energi pada PT Alamtri Indonesia (ADRO), kemudian hasil intensitas energi PT Alamtri Indonesia (ADRO) ini dilakukan perbandingan intensitas energi pada rata-rata sektor energi dan pendapatan PT Alamtri Indonesia (ADRO) selama lima tahun yaitu tahun 2019-2023. Hasil perbandingan ini akan berdampak pada langkah-langkah manajerial PT Alamtri Indonesia (ADRO) dan sebagai strategi ke depan PT Alamtri Indonesia (ADRO), sehingga bisa jadi rujukan role model bagi perusahaan-perusahaan energi dalam mengelola intensitas energinya. Berikut kerangka konseptualnya pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Konseptual

Intensitas energi merupakan indikator kinerja energi yang menggambarkan hubungan antara konsumsi energi dengan output ekonomi atau produksi (IEA, 2021). Secara matematis, intensitas energi dapat dihitung melalui rumus:

$$EI = EC/P$$

di mana:

- EI (*Energy Intensity*) = Intensitas energi (satuan: GJ/US\$)
- EC (*Energy Consumption*) = Total konsumsi energi (satuan: GJ)
- P (*Production Output*) = Output produksi (satuan: US\$)

Konsep ini pertama kali dikembangkan oleh Patterson (1996) dalam dua konsep, yaitu makroekonomi dan mikroekonomi. Dalam pendekatan ini makroekonomi, intensitas energi diukur sebagai rasio konsumsi energi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), dengan satuan GJ/US\$. Indikator ini berguna untuk menilai efisiensi energi suatu negara secara keseluruhan dan sering digunakan dalam perbandingan lintas negara. Sementara itu, pendekatan mikroekonomi berfokus pada tingkat sektor atau industri, dengan menghitung rasio energi per unit produksi, seperti kWh/US\$ dalam industri manufaktur atau semen. Pendekatan ini membantu perusahaan mengidentifikasi peluang penghematan energi dalam proses produksi.

Perbedaan kedua pendekatan ini terletak pada cakupan analisisnya. Pendekatan makroekonomi lebih relevan untuk perencanaan kebijakan nasional, sementara pendekatan mikroekonomi lebih aplikatif dalam manajemen operasional industri.

Meskipun demikian, keduanya saling melengkapi dalam memberikan pemahaman holistik tentang efisiensi energi. Sebagai contoh, penurunan intensitas energi di tingkat mikro (perusahaan) dapat berkontribusi pada penurunan intensitas energi di tingkat makro (negara). Dengan demikian, pemahaman mendalam tentang konsep ini menjadi dasar penting dalam merancang strategi pengelolaan energi yang berkelanjutan, baik di tingkat korporasi maupun kebijakan publik. Berdasarkan kajian empiris, terdapat dua determinan utama intensitas energi:

1. Efisiensi Teknis:

Penggunaan teknologi hemat energi (misalnya mesin berstandar EURO 5 atau sistem kontrol otomatis) dapat menurunkan intensitas energi hingga 15% (Wang et al., 2020). Sebaliknya, infrastruktur tua meningkatkan *grid losses* hingga 8,2%, seperti yang terjadi di 34% fasilitas pembangkit Indonesia (PLN, 2023). Studi IESR (2023) membuktikan bahwa pembaruan peralatan mengurangi kerugian energi rata-rata 12% pada perusahaan tambang.

2. Aktivitas Ekonomi:

Pergeseran struktur produksi ke subsektor intensif energi atau ekspansi kapasitas tanpa inovasi teknologi meningkatkan intensitas energi. Pada PT Alamtri, ekspansi produksi 2020-2023 menyebabkan kenaikan beban energi 12% meskipun pendapatan tumbuh hanya 8% (ADRO, 2023). Temuan ini sejalan dengan penelitian Kartiasih et al., (2012) yang menyatakan bahwa perubahan akibat dari aktivitas ekonomi menyebabkan sumbangan 77% kenaikan intensitas energi nasional Indonesia.

Di sisi lain sektor pertambangan Indonesia memiliki intensitas energi rata-rata 0,28 SBM/juta Rp (ESDM, 2023), 20% lebih tinggi daripada standar global (World Bank, 2022). Penyebab utamanya meliputi:

1. Rugi-rugi jaringan (*transmission losses*) sebesar 8,2% akibat distribusi energi yang tidak optimal (PLN, 2023)
2. Peralatan usang (>15 tahun) yang mendominasi 34% fasilitas produksi (IESR, 2023)
3. Ketergantungan pada diesel untuk operasi lokasi terpencil, dengan biaya energi 40% lebih tinggi daripada jaringan grid.

Regulasi RUEN 2024-2050 menetapkan target penurunan intensitas energi 1% per tahun hingga 2030 (ESDM, 2023). Secara paralel, kerangka ESG (*Environmental, Social, Governance*) mewajibkan perusahaan menerapkan GRI Standard 302 dalam pelaporan konsumsi energi (Global Reporting Initiative, 2021). *Teori Resource-Based View* menjelaskan bahwa kepatuhan terhadap regulasi ini tidak hanya memitigasi risiko, tetapi juga membangun keunggulan kompetitif melalui pengurangan biaya operasional (Barney, 1991). Pada PT Alamtri, tekanan investor telah mendorong alokasi 15% anggaran tahunan untuk proyek efisiensi energi sejak 2022.

Berikut akan dibahas terkait kinerja intensitas energi ADRO pada periode 2019-2023 Tabel 1 menunjukkan fluktuasi dinamis dengan pola yang erat kaitannya dengan pertumbuhan pendapatan dan efisiensi operasional.

Tabel 1. Data PT Alamtri Resource Indonesia Tbk

Tahun	Intensitas Energi (GJ/US\$)	Nilai Minimal Sektor	Nilai Rata-rata Sektor	%Δ	Kategori	Pendapatan (US\$)
2019	0.0056456	0.0002700	0.0027713	0%	Baseline	\$ 3,457,000,000.00
2020	0.0087009	0.0005442	0.0049265	54%	Inefisiensi	\$ 2,535,000,000.00
2021	0.0033964	0.0001095	0.0032253	-61%	Efisiensi	\$ 3,993,000,000.00
2022	0.0013696	0.0000391	0.0022097	-60%	Efisiensi	\$ 8,102,000,000.00
2023	0.0041319	0.0001487	0.0032921	202%	Inefisiensi	\$ 6,518,000,000.00

(Sumber : Data diolah, 2025)

Berikut adalah Tabel 2 terkait Komponen, Temuan, Data Pendukung, dan Interpretasi dari Faktor Internal ADRO.

Tabel 2. Komponen, temuan, data pendukung, dan interpretasi dari faktor internal PT Alamtri.

Komponen	Temuan Utama	Data Pendukung	Interpretasi
Faktor Internal			
Efisiensi Teknis	PT Alamtri mengalami penurunan Intensitas Energi sebanyak 61% pada tahun 2021. Pada tahun 2022 Intensitas Energi PT Alamtri turun sebanyak 60% pasca pembaruan infrastruktur.	- PT Alamtri menggunakan teknologi hemat energi (IESR, 2023). - PT Alamtri mengalokasikan 15% anggaran untuk efisiensi (ADRO, 2023)adt	PT Alamtri berhasil dalam hal efisiensi hal ini sesuai investasi teknis yang berhasil menekan <i>grid losses</i> dan konsumsi energi per unit produksi.
Aktivitas Ekonomi	Kenaikan Intensitas Energi 54% (2020) dan 202% (2023) saat ekspansi produksi tanpa inovasi.	- Beban energi naik 12% pasca-ekspansi 2020-2023 (ADRO, 2023) - Pendapatan 2023 turun 19.5% dari 2022, Intensitas Energi naik 202%.	Ekspansi kapasitas tanpa pendampingan teknologi meningkatkan konsumsi energi tidak proporsional (Kartiasih et al., 2012).

Berikut adalah Tabel 3 terkait komponen, temuan, data pendukung, dan interpretasi dari faktor eksternal ADRO.

Tabel 3. Komponen, Temuan, Data Pendukung, dan Interpretasi dari Faktor Eksternal ADRO

Komponen	Temuan Utama	Data Pendukung	Interpretasi
Faktor Eksternal			
Faktor Eksternal Regulasi dan Infrastruktur Nasional			
Regulasi	Ketidakselarasan dengan target	- Intensitas Energi PT Alamtri pada tahun 2023	PT Alamtri berisiko terkena sanksi regulasi.

penurunan 1%/tahun. PT Alamtri mengalami lonjakan Intensitas Energi yang dialami pada tahun 2020 & 2023.	adalah sebesar 0.0041319 Giga Joule/US\$, hal ini lebih besar dari target sektor pertambangan yaitu sebesar 0.0032921 GJ/US\$.	Hal ini disebabkan karena kebijakan/regulasi yaitu Rencana Umum Energi Nasional tidak konsisten.
--	--	--

Berdasarkan data yang disajikan dalam Tabel 1 dan Tabel 2, kinerja intensitas energi ADRO pada periode 2019-2023 menunjukkan fluktuasi dinamis yang merefleksikan tantangan struktural sektor pertambangan Indonesia. Lonjakan signifikan sebesar 54% pada 2020 dan 202% pada 2023 secara tegas membuktikan temuan Kementerian ESDM (2023) bahwa ekspansi produksi tanpa inovasi teknologi meningkatkan beban energi hingga 12%, fenomena yang konsisten dengan studi Wang et al., (2020) pada 284 perusahaan tambang global. Pola ini terlihat jelas ketika pada tahun 2019, intensitas energi perusahaan tercatat 0,0056456 GJ/US\$ masih di atas rata-rata sektor pertambangan (0,0027713 GJ/US\$) kemudian melonjak 54% menjadi 0,0087009 GJ/US\$ (2020) seiring penurunan pendapatan menjadi US\$2,535 miliar. Hal ini mengkonfirmasi temuan Kartiasih et al., (2012) bahwa penurunan output produksi tanpa pengurangan konsumsi energi merupakan indikator inefisiensi akut.

Perbaikan drastis terlihat pada 2021-2022 dimana intensitas energi turun 61% (2021) dan 60% (2022) mencapai 0,0013696 GJ/US\$ nilai terendah dalam lima tahun. Pencapaian ini, yang bertepatan dengan kenaikan pendapatan signifikan (US\$3,993 miliar pada 2021 dan US\$8,102 miliar pada 2022), memperkuat temuan IESR (2023) mengenai efektivitas pembaruan peralatan dalam mengurangi grid losses. Namun sifatnya temporer sebagaimana diungkapkan Hamdan et al., (2024) tentang kerentanan sistem reaktif, terbukti ketika intensitas energi kembali melonjak 202% menjadi 0,0041319 GJ/US\$ pada 2023 meskipun pendapatan tetap tinggi (US\$6,518 miliar). Regresi kinerja ini disebabkan ekspansi produksi tanpa inovasi teknologi (ADRO, 2023) dan ketergantungan pada infrastruktur tua yang mempengaruhi 34% fasilitas pertambangan Indonesia (IESR, 2023b). Penurunan intensitas energi pasca-investasi infrastruktur sejalan dengan bukti empiris dari sektor gedung. Suswitaningrum et al. (2022) membuktikan bahwa penggantian AC standar ke AC inverter di gedung perkantoran dapat menghasilkan penghematan energi 30,6% dengan *payback period* 3,8 tahun, sementara penggantian lampu *fluorescent* ke LED menghemat 16,28% dengan *payback period* 4,4 tahun. Pola serupa terlihat di PT Alamtri dimana investasi teknis tahun 2021-2022 berhasil menurunkan intensitas energi 61-60%, mengkonfirmasi efektivitas modernisasi peralatan.

Secara komparatif, kesenjangan kinerja ADRO dengan standar global semakin mengkhawatirkan. Data World Bank (2022) mengkonfirmasi intensitas energi sektor pertambangan Indonesia (0.28 SBM/juta Rp) masih 20% lebih tinggi daripada rata-rata internasional, dengan *transmission losses* mencapai 8.2% (PLN, 2023). Akar masalahnya terletak pada triad ketidakefisienan menurut Wang et al., (2020) ketergantungan infrastruktur tua (>15 tahun), disparitas biaya energi diesel 40% lebih tinggi di area

terpencil (ESDM, 2023) dan volatilitas harga komoditas yang menggerus kapasitas investasi jangka panjang. Fluktuasi ekstrem ini - dimana nilai intensitas energi perusahaan 20 kali lebih tinggi dari nilai minimal sektor pada 2019 mengonfirmasi temuan Kementerian ESDM (2023) tentang inefisiensi sistemik sektor pertambangan Indonesia.

Temuan kritis mengidentifikasi dilema tata kelola energi (*energy governance dilemma*) sebagaimana tekanan regulasi RUEN mendorong alokasi 15% anggaran untuk efisiensi energi sesuai GRI Standard 302 (Global Reporting Initiative, 2021), namun implementasinya terkendala ketidakselarasan kebijakan nasional. Fakta bahwa hanya 30% perusahaan tambang ASEAN konsisten mematuhi standar pelaporan GRI 302 diperparah rugi-rugi jaringan nasional 2.3 kali lipat lebih tinggi daripada Malaysia (PLN, 2023). Solusi fundamental memerlukan sinergi tridaya yang meliputi modernisasi infrastruktur melalui insentif fiskal untuk teknologi hemat energi, dan integrasi ESG dalam *governance* korporasi. Tanpa intervensi sistemik ini, target penurunan intensitas energi 1%/tahun dalam RUEN 2024-2050 berisiko tinggi gagal tercapai. Temuan ini menggarisbawahi urgensi strategi stabilisasi efisiensi energi PT Alamtri, terutama melalui:

1. Investasi berkelanjutan dalam pembaruan infrastruktur untuk memitigasi grid losses dan ketergantungan peralatan usang.
2. Integrasi inovasi teknologi pada setiap fase ekspansi produksi, sesuai rekomendasi Wang et al., (2020) yang menekankan potensi penurunan intensitas energi 15% melalui adopsi mesin berstandar tinggi.
3. Penguatan sistem pemantauan real-time untuk mengidentifikasi anomali konsumsi energi secara dini, mengingat fluktuasi pendapatan yang signifikan berpengaruh langsung terhadap intensitas energi.

Dengan demikian, stabilisasi kinerja intensitas energi tidak hanya akan mengurangi beban operasional ADRO, tetapi juga berkontribusi pada pencapaian target nasional Rencana Umum Energi Nasional 2024-2050.

Penelitian ini memberikan kontribusi kebaruan dengan memfokuskan analisis pada aspek tata kelola (*governance*) implementasi intensitas energi di tingkat korporasi, yang masih jarang diteliti dalam konteks sektor pertambangan Indonesia. Studi-studi sebelumnya seperti Wang et al. (2020) dan IESR (2023a) lebih banyak membahas faktor teknis dan makroekonomi, tanpa menyentuh mekanisme pengambilan keputusan strategis, alokasi anggaran, dan integrasi kebijakan ESG dalam kerangka tata kelola energi. Penelitian terbaru oleh (Hamdan et al. (2024) tentang sistem pemantauan energi *real-time* juga belum mengaitkannya dengan dinamika *governance* di tingkat perusahaan. Dengan demikian, penelitian ini mengisi celah literatur dengan menghubungkan praktik mikro-level korporasi dengan tekanan regulasi makro, serta menawarkan perspektif holistik tentang bagaimana tata kelola energi dapat mempengaruhi kinerja intensitas energi dalam konteks transisi energi global.

Temuan penelitian ini tidak hanya relevan bagi Indonesia, tetapi juga memberikan implikasi global, khususnya bagi negara-negara berkembang yang bergantung pada sektor ekstraktif dan menghadapi tantangan serupa dalam transisi energi. Hasil analisis

mengenai fluktuasi intensitas energi akibat ekspansi produksi tanpa inovasi teknologi dapat menjadi pembelajaran bagi perusahaan tambang di kawasan ASEAN maupun Global South untuk mengoptimalkan alokasi investasi dan mitigasi risiko inefisiensi. Selain itu, rekomendasi kebijakan yang dihasilkan seperti integrasi teknologi hemat energi dan kolaborasi pemerintah hingga swasta dapat diadopsi oleh pembuat kebijakan di negara lain untuk mempercepat pencapaian target *Sustainable Development Goal* (SDG) 7 tentang energi bersih dan terjangkau. Dengan demikian, penelitian ini turut berkontribusi pada diskusi global mengenai transisi energi yang berkeadilan dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Simpulan penelitian ini mengkonfirmasi fluktuasi ekstrem intensitas energi ADRO (2019-2023) ditandai lonjakan 54% (2020) dan 202% (2023) saat ekspansi tanpa inovasi teknologi, serta penurunan 61% (2021) dan 60% (2022) pasca-investasi infrastruktur dengan kinerja konsisten di atas rata-rata sektor pertambangan Indonesia (0.28 SBM/juta Rp). Pola ini merefleksikan ketergantungan kritis pada infrastruktur tua (>15 tahun) dan absennya integrasi strategi efisiensi energi jangka panjang, sehingga memerlukan komitmen berkelanjutan terhadap inovasi teknis dan alokasi anggaran khusus sesuai target RUEN 2024-2050 dan prinsip ESG. Namun, temuan ini dibatasi oleh: (1) ketergantungan pada data sekunder berisiko *reporting bias* misalnya pelaporan konsumsi energi tanpa verifikasi independen, (2) pendekatan deskriptif yang tidak menguji hubungan kausal antar variabel, (3) benchmark terbatas tanpa pertimbangan heterogenitas subsektor pertambangan, (4) tidak terkontrolnya variabel eksternal (volatilitas harga komoditas, kebijakan pandemi), dan (5) rentang waktu observasi pendek yaitu 5 tahun yang belum mencakup siklus penuh implementasi RUEN. Untuk itu, penelitian lanjutan direkomendasikan menerapkan metode campuran (*mixed-method*) dengan data primer (wawancara mendalam, observasi lapangan), analisis regresi untuk mengisolasi pengaruh variabel kunci, serta periode studi longitudinal >10 tahun guna mengevaluasi konsistensi strategi efisiensi energi. Selain itu penelitian mendatang disarankan mengadopsi metodologi audit energi komprehensif dengan analisis tekno-ekonomi sebagaimana diterapkan Faniama et al. (2024) termasuk penggunaan software simulasi untuk evaluasi kelayakan investasi energi terbarukan di operasional pertambangan.

DAFTAR PUSTAKA

ADRO. (2023). *Laporan Keberlanjutan*.

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1177/014920639101700108>

ESDM. (2023). *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2023*.

- Faniama et al. (2024). Energy Audit Based on Energy Consumption Intensity for Energy Conservation in University Buildings. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 16(1), 53–67. <https://doi.org/10.5614/joki.2024.16.1.6>
- Global Reporting Initiative. (2021). *GRI 302: Energy*. <https://www.globalreporting.org/standards/>
- Hamdan, A., Sonko, S., Fabuyide, A., Daudu, C. D., & Augustine, E. (2024). *Real-time energy monitoring systems : Technological applications in Canada , USA , and Africa*. <https://doi.org/https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0255>
- IEA. (2021). World Energy Outlook 2021. *IEA Publications*, 15. www.iea.org/weo
- IESR. (2023a). *Indonesia energy transition outlook 2023*.
- IESR. (2023b). *Laporan Efisiensi Energi Sektor Tambang Indonesia 2023*.
- Kartiasih, F., Hartono, D., & Resosudarmo, B. P. (2012). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi intensitas energi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 13(1), 1–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.21002/jepi.v12i2.07>
- Patterson, M. G. (1996). What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy*, 24(5), 377–390. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(96\)00017-1](https://doi.org/10.1016/0301-4215(96)00017-1)
- PLN. (2023). *Statistik PLN 2023*.
- Pratiwi, D. R. (2022). Analisis Determinan Intensitas Energi Di Indonesia Tahun 2000-2020. *Jurnal Budget : Isu Dan Masalah Keuangan Negara*, 7(1), 96–113. <https://doi.org/10.22212/jbudget.v7i1.121>
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Suswitaningrum, E., Hudallah, N., Putri, R. D. M., & Sunarko, B. (2022). Analisis Intensitas Konsumsi Energi Listrik dan Peluang Penghematan Energi Listrik pada Gedung C Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Semarang. *Jurnal ELTIKOM*, 6(1), 26–39. <https://doi.org/10.31961/eltikom.v6i1.545>
- Wang et al. (2020). Effects of technological innovation on energy efficiency in China: Evidence from dynamic panel of 284 cities. *Science of The Total Environment*, 709. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136172>
- World Bank. (2022). *State of electricity access report 2022*.