Indonesian Journal of Digital Business

Journal homepage: https://ejournal.upi.edu/index.php/IJDB

Pengaruh Intensitas Aset terhadap Kinerja Keberlanjutan dengan *Green Innovation* sebagai Variabel Moderasi

Zuhdan Zufarusy Syuhada[1], Indarti Diah Palupi[2]*

Akuntansi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia
Correspondence: E-mail: b200220319@student.ums.ac.id[1], idp121@ums.ac.id[2]

A B S T R A K

Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh Intensitas Aset terhadap Kinerja Keberlanjutan serta peran *Green Innovation* dalam memoderasi hubungan tersebut. Penelitian ini menggunakan data 175 perusahaan-tahun dari perusahaan sektor pertambangan yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia selama periode 2021–2025 dan diuji menggunakan *Random Effect Model* (REM) dengan *Cluster-Robust Standar Error*. Temuan penelitian menunjukkan bahwa Intensitas Aset berpengaruh negatif dan signifikan terhadap Kinerja Keberlanjutan, sedangkan *Green Innovation* berpengaruh positif dan signifikan terhadap Kinerja Keberlanjutan. Selain itu, *Green Innovation* terbukti memperlemah pengaruh negatif Intensitas Aset terhadap Kinerja Keberlanjutan. Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan *Green Innovation* dapat menjadi mekanisme strategis bagi perusahaan pertambangan dalam mengurangi dampak negatif tingginya intensitas aset terhadap kinerja keberlanjutan. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi terhadap literatur dengan memperluas pemahaman mengenai hubungan antara Intensitas Aset, *Green Innovation*, dan Kinerja Keberlanjutan, khususnya pada perusahaan sektor pertambangan di Indonesia.

© 2026 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

A R T I C L E I N F O

Article History:
Submitted/Received 22 October 2026
First Revised 10 November 2026
Accepted 13 November 2026
First Available online 14 November 2026
Publication Date 14 November 2026

Keyword:
Green Innovation, Intensitas Aset, Kinerja Keberlanjutan, Pertambangan, Regresi Data Panel.

1. PENDAHULUAN

Urgensi pengendalian dampak ekologis industri ekstraktif di Indonesia semakin mengemuka selama kurun 2021–2025, terutama akibat percepatan agenda transisi energi hijau dan ketidakstabilan pasar setelah pandemi. Kontradiksi muncul karena industri pertambangan memiliki kedudukan strategis dalam menopang pasokan energi domestik sekaligus menghasilkan Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP), tetapi kegiatan eksploitasinya juga berkaitan dengan peningkatan emisi karbon dan kerusakan ekosistem. Kondisi tersebut menempatkan perusahaan pertambangan pada persimpangan antara kepentingan ekonomi nasional dan tuntutan keberlanjutan lingkungan.

Sebagai instrumen institusional untuk mengendalikan dampak eksternal terhadap lingkungan, pemerintah membangun kerangka regulasi melalui Peraturan Presiden No. 98 Tahun 2021 mengenai Nilai Ekonomi Karbon serta POJK No. 51/POJK.03/2017 yang mengatur kewajiban pelaporan keberlanjutan bagi perusahaan publik. Signifikansi kebijakan tersebut berkaitan dengan besarnya kontribusi sektor energi dan pertambangan terhadap emisi gas rumah kaca nasional, sebagaimana ditegaskan dalam data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Konsekuensinya, pengungkapan informasi lingkungan secara transparan dan pertanggungjawaban manajerial atas dampak ekologis perusahaan telah berkembang menjadi tuntutan kepatuhan terhadap regulasi, bukan sekadar bentuk kesukarelaan perusahaan.

Kuantitas publikasi laporan keberlanjutan yang terus bertambah belum sepenuhnya mencerminkan kematangan pertanggungjawaban perusahaan pertambangan di Indonesia. Sekalipun perangkat regulasi mengalami pengetatan, perbedaan tingkat kepatuhan dan kedalaman pelaporan kinerja keberlanjutan masih memperlihatkan kesenjangan yang mencolok. Catatan National Center for Sustainability Reporting (NCSR) mengindikasikan bahwa peningkatan penerbitan laporan belum sebanding dengan pengungkapan aspek material Lingkungan, Sosial, dan Tata Kelola (Environmental, Social, and Governance atau ESG) yang berorientasi strategis, sebab substansi pelaporannya masih kerap berkutat pada narasi normatif. Kesenjangan antara formalitas dokumentasi dan realisasi komitmen ekologis tersebut memunculkan persoalan mengenai faktor-faktor yang mendorong perusahaan mengintegrasikan prinsip keberlanjutan secara substantif, alih-alih menjadikannya sebagai instrumen legitimasi simbolis. Dalam konteks tersebut, struktur permodalan berbasis aset tetap (intensitas aset tetap) merupakan karakteristik struktural sektor ekstraktif yang relevan untuk ditelaah lebih mendalam.

Ambivalensi teoretis muncul ketika keterikatan modal pada aset fisik dikaitkan dengan capaian lingkungan perusahaan pertambangan. Karakteristik intensitas aset yang tinggi menyebabkan sebagian besar modal dialokasikan pada sarana produksi khusus, seperti mesin berat dan prasarana ekstraksi, yang memiliki keterbatasan untuk dipindahkan secara geografis. Dalam kerangka Teori Mobilitas Aset (Asset Mobility Theory) yang dikemukakan Cao et al. (2021), keterbatasan perpindahan aset tersebut mengurangi keleluasaan perusahaan dalam merespons tekanan regulasi melalui pemindahan kegiatan operasional. Mekanisme ini membedakan perusahaan ekstraktif dari industri manufaktur ringan yang relatif lebih leluasa memindahkan fasilitas produksi menuju wilayah dengan pembatasan lingkungan yang lebih longgar, sebagaimana tercermin dalam fenomena pollution haven. Sebaliknya, ketergantungan pada lokasi deposit mineral membatasi pilihan perpindahan perusahaan tambang, sehingga eksposurnya terhadap penindakan lingkungan menjadi relatif sulit dihindari. Konsekuensinya, intensitas aset tetap yang tinggi secara teoretis dapat

mendorong peningkatan kinerja keberlanjutan sebagai instrumen mitigasi risiko regulasi, perlindungan keberlangsungan perizinan operasional, sekaligus pencegahan sanksi yang berpotensi menurunkan nilai investasi aset secara material.

Dominasi pengeluaran struktural yang melekat pada kepemilikan aset dengan intensitas tinggi berpotensi mempersempit ruang keuangan perusahaan untuk mengadopsi teknologi ramah lingkungan yang membutuhkan investasi besar. Dalam kondisi tersebut, Inovasi Hijau (Green Innovation) menempati posisi strategis sebagai instrumen transformasi operasional yang menjembatani kepentingan produktivitas keuangan dan pelestarian lingkungan. Sabila et al. (2025) menjelaskan inovasi hijau sebagai pendekatan strategis untuk menyelaraskan pencapaian sasaran ekonomi dengan tuntutan ekologis. Penerapannya memungkinkan pembaruan aset konvensional yang menghasilkan polutan melalui peningkatan efisiensi pemanfaatan sumber daya, sekaligus mendorong perbaikan prosedur produksi untuk menekan sisa hasil operasional. Kendati demikian, Sabila et al. (2025) turut mengidentifikasi paradoks investasi, yakni penerapan strategi lingkungan dan inovasi dapat memunculkan konsekuensi yang kurang menguntungkan terhadap nilai perusahaan dalam jangka pendek akibat peningkatan pengeluaran penelitian dan pengembangan (Research and Development atau R&D). Kondisi tersebut memunculkan persoalan substantif mengenai kapasitas inovasi hijau dalam mengoptimalkan pencapaian kinerja keberlanjutan pada perusahaan dengan intensitas aset tinggi: apakah mekanisme ini berfungsi sebagai pendorong transformasi ekologis atau justru menciptakan tambahan beban keuangan yang menghambat pencapaian sasaran keberlanjutan.

Perkembangan literatur mengenai faktor-faktor yang memengaruhi keberlanjutan perusahaan belum sepenuhnya diimbangi oleh pendalaman analisis atas konsekuensi struktur aset terhadap capaian tersebut. Cao et al. (2021) mengidentifikasi keterkaitan intensitas aset tetap dengan penegakan regulasi lingkungan, mengingat karakteristik aset yang relatif sulit dipindahkan dapat membentuk posisi negosiasi perusahaan ketika berhadapan dengan otoritas regulator. Akan tetapi, cakupan kajian tersebut belum secara khusus menguji pengaruh intensitas aset terhadap kinerja keberlanjutan sebagai variabel hasil utama. Pada ranah berbeda, Sabila et al. (2025) menemukan bahwa Inovasi Hijau tidak memberikan efek moderasi yang memperkuat hubungan ESG dengan nilai perusahaan. Temuan tersebut menyiratkan bahwa peran inovasi hijau sebagai variabel pemoderasi tidak dapat digeneralisasi secara seragam, melainkan membutuhkan pengujian ulang pada hubungan antarvariabel yang berbeda. Penelusuran studi terdahulu juga memperlihatkan bahwa Naswa dan Suryarini (2025), bersama Putri et al. (2025), telah menelaah karakteristik aset serta dimensi ekologis perusahaan, tetapi orientasi analisisnya bertumpu pada fenomena penghindaran pajak dan profitabilitas. Berdasarkan perbedaan fokus penelitian tersebut, pengujian keterkaitan intensitas aset dengan kinerja keberlanjutan, termasuk pengujian peran moderasi Inovasi Hijau, masih menyisakan ruang penelitian ilmiah. Urgensi pengujian ini semakin relevan apabila diarahkan pada perusahaan pertambangan di Indonesia, mengingat karakteristik operasionalnya bertumpu pada akumulasi aset fisik berskala besar sekaligus berada dalam pengawasan dan tuntutan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan.

Urgensi kajian ini bertumpu pada belum tuntasnya penjelasan konseptual mengenai kedudukan Inovasi Hijau dalam menjelaskan keterkaitan intensitas aset dengan kinerja keberlanjutan perusahaan. Pengujian empiris diarahkan pada perusahaan pertambangan yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia selama periode 2021–2025, yakni rentang pengamatan yang mencakup kondisi pandemi COVID-19 sekaligus fase pemulihan aktivitas ekonomi. Untuk menguji keterkaitan antarvariabel secara lebih komprehensif, model penelitian turut

mengakomodasi ROA, leverage, ukuran perusahaan, usia perusahaan, sertifikasi ISO 14001, serta status periode COVID-19 sebagai variabel pengendali. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya bukti empiris mengenai hubungan antara struktur aset dan inovasi berwawasan lingkungan dalam membentuk kinerja keberlanjutan perusahaan pertambangan di Indonesia.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Teori Legitimasi, Stakeholder, dan Mobilitas Aset

Keberlangsungan entitas bisnis dalam perspektif teori legitimasi dan Teori Pemangku Kepentingan (*Stakeholder Theory*) bertumpu pada kemampuan organisasi mengakomodasi ekspektasi sosial sekaligus mengartikulasikan kepentingan pihak-pihak yang berkepentingan. Dowling dan Pfeffer (1975) memosisikan legitimasi sebagai konsekuensi kesepadanan antara orientasi nilai korporasi dan tatanan normatif yang dianut masyarakat melalui mekanisme kontrak sosial. Relevansi konseptual tersebut semakin menonjol pada sektor pertambangan, mengingat karakteristik operasionalnya berpotensi menimbulkan degradasi ekologis yang substansial, sehingga validitas sosial aktivitas perusahaan perlu ditunjukkan melalui perilaku yang bertanggung jawab terhadap lingkungan (Deegan, 2004). Ketimpangan antara praktik korporasi dan standar sosial yang diharapkan berpotensi mengikis penerimaan publik serta menimbulkan ancaman terhadap keberlangsungan usaha (Palupi et al., 2025). Dalam konteks demikian, transparansi informasi keberlanjutan berfungsi sebagai instrumen reputasional untuk mengartikulasikan akuntabilitas perusahaan, mengonstruksi persepsi positif, serta menjaga penerimaan sosial terhadap operasional perusahaan (*social license to operate*) (Lindawati & Puspita, 2015; O'Donovan, 2002). Perspektif tersebut berkelindan dengan Teori Pemangku Kepentingan yang dikembangkan Freeman (2001), yakni paradigma yang memperluas orientasi tanggung jawab korporasi melampaui kepentingan pemegang saham dengan mencakup otoritas pemerintahan, masyarakat sekitar, tenaga kerja, dan kelompok berkepentingan lainnya. Donaldson dan Preston (1995) menegaskan relevansi pengakomodasian kepentingan multipihak sebagai fondasi relasional bagi keberterimaan perusahaan. Dalam ekosistem pertambangan, kedudukan pemerintah sebagai pemegang otoritas regulatif memungkinkan penerapan tekanan koersif melalui instrumen kebijakan ekologis; akibatnya, respons korporasi cenderung dipengaruhi oleh pemangku kepentingan yang menguasai akses terhadap sumber daya strategis (Ullmann, 1985).

Sejalan dengan perspektif sosial-institusional tersebut, Teori Mobilitas Aset (*Asset Mobility Theory*) menguraikan bagaimana tingkat keteralihan aset menentukan daya negosiasi korporasi ketika berhadapan dengan otoritas pengatur. Tingginya intensitas aset tetap, sebagaimana lazim ditemukan dalam infrastruktur pertambangan, menciptakan kekakuan geografis karena investasi fisik yang telah tertanam merupakan biaya tertanam (*sunk costs*) dengan biaya relokasi tinggi dan keterpindahan terbatas (Cao et al., 2021; Ederington et al., 2005). Kekakuan struktural tersebut membatasi kredibilitas ancaman penghentian aktivitas atau relokasi wilayah operasi sebagai instrumen tekanan terhadap pemerintah daerah. Konsekuensinya, ketimpangan daya tawar cenderung bergeser ke pihak regulator, sementara eksposur perusahaan terhadap pengetatan maupun penegakan ketentuan lingkungan menjadi relatif lebih besar. Dalam konfigurasi tersebut, penguatan kinerja keberlanjutan dan penerapan inovasi hijau (*Green Innovation*) dapat diposisikan sebagai respons strategis untuk menginternalisasi tuntutan regulatif dan sosial, memitigasi risiko sanksi, serta menjaga keberlangsungan kegiatan operasional perusahaan.

2.2 Pengembangan Hipotesis

2.2.1 Pengaruh Intensitas Aset terhadap Kinerja Keberlanjutan

Dalam perspektif Teori Mobilitas Aset (Asset Mobility Theory), konfigurasi kepemilikan aset perusahaan dapat menentukan tingkat keluwesan entitas dalam merespons perubahan eksternal, termasuk pengetatan ketentuan lingkungan. Korporasi yang mengalokasikan proporsi modal relatif besar pada aset tetap menghadapi persoalan keterbatasan mobilitas aset (asset immobility), yakni kondisi ketika sumber daya fisik sulit dialihkan ke lokasi atau aktivitas alternatif. Konsekuensinya, penyesuaian geografis atas kegiatan produksi sebagai strategi menghadapi tekanan regulasi menjadi kurang leluasa, sementara keterikatan pada lokasi usaha memperbesar paparan perusahaan terhadap konsekuensi ketidakpatuhan lingkungan.

Cao et al. (2021) mengemukakan bahwa keterbatasan mobilisasi aset memperlemah kredibilitas ancaman perusahaan untuk keluar dari suatu wilayah ketika berhadapan dengan otoritas pengawas, sehingga dorongan untuk memenuhi ketentuan lingkungan dapat menguat. Meskipun demikian, implikasi intensitas aset tidak selalu menguntungkan bagi agenda keberlanjutan. Dalam industri pertambangan, akumulasi modal pada mesin, perangkat produksi, serta prasarana ekstraksi yang bergantung pada karakteristik lokasi dapat membentuk kekakuan struktural dalam pengelolaan operasi. Ketika teknologi produksi mengalami perkembangan atau standar lingkungan semakin ketat, karakteristik aset yang spesifik terhadap lokasi berpotensi menyulitkan modernisasi sekaligus meningkatkan pengeluaran untuk rekonstruksi dan penyesuaian fasilitas. Sejalan dengan perspektif tersebut, Naswa dan Suryarini (2025) mengindikasikan bahwa atribut kepemilikan aset berkaitan dengan cara entitas korporasi mengartikulasikan respons terhadap tekanan regulasi dan persoalan lingkungan.

Implikasi teoretis tersebut menempatkan Intensitas Aset sebagai salah satu karakteristik struktural yang berpotensi menghambat pencapaian Kinerja Keberlanjutan. Dominasi investasi pada aset berumur panjang dapat mempersempit ruang penyesuaian sumber daya, terutama ketika transformasi menuju proses produksi yang lebih hemat energi dan rendah dampak lingkungan memerlukan pembiayaan tambahan. Peningkatan proporsi aset tetap dengan demikian berpotensi memperbesar kebutuhan belanja modal untuk modernisasi teknologi, adaptasi fasilitas, serta pemenuhan standar keberlanjutan. Atas dasar argumentasi tersebut, semakin tinggi Intensitas Aset diperkirakan berkorelasi dengan semakin rendahnya Kinerja Keberlanjutan perusahaan. Oleh sebab itu, formulasi hipotesis penelitian diajukan sebagai berikut:

H1: Intensitas Aset berpengaruh negatif terhadap Kinerja Keberlanjutan.

2.2.2 Peran Moderasi Green Innovation terhadap Pengaruh Intensitas Aset terhadap Kinerja Keberlanjutan

Dalam kerangka Resource-Based View (RBV), keunggulan kompetitif berkelanjutan bertumpu pada penguasaan kapabilitas organisasional yang bernilai dan sukar direplikasi. Salah satu manifestasinya ialah Green Innovation, yakni kemampuan korporasi merekayasa pembaruan teknis, sistem produksi, dan rancangan produk untuk meminimalkan eksternalitas ekologis. Penguasaan kapabilitas tersebut membuka peluang bagi perusahaan untuk mengintegrasikan produktivitas operasional dengan preservasi lingkungan melalui optimalisasi pemanfaatan sumber daya.

Relevansi kapabilitas inovatif tersebut semakin menonjol pada entitas pertambangan yang bercirikan Intensitas Aset tinggi. Dominasi aset tetap dalam struktur operasional berpotensi menciptakan rigiditas struktural karena fasilitas dan peralatan yang telah tertanam tidak mudah dialihkan ataupun digantikan. Dalam kondisi demikian, Green Innovation dapat berfungsi sebagai instrumen adaptasi melalui rekayasa teknologi, redesain alur produksi, serta penyempurnaan tata laksana operasional yang berorientasi ekologis. Konsekuensinya, transformasi kinerja lingkungan tidak harus ditempuh semata-mata melalui substitusi aset, melainkan dapat diwujudkan lewat pembaruan proses dan teknologi yang meningkatkan produktivitas sekaligus menekan jejak ekologis.

Sabila et al. (2025) mengemukakan bahwa inovasi hijau menyediakan pendekatan strategis untuk mengharmonisasikan pencapaian finansial dengan tanggung jawab lingkungan, walaupun realisasinya berpotensi menyerap belanja investasi pada fase awal. Pada perusahaan pertambangan yang sarat aset tetap, kapabilitas tersebut berpotensi mengompensasi rigiditas akibat karakter aset yang immobile. Penguatan kapasitas inovasi hijau memungkinkan sumber daya fisik yang telah tertanam dioperasikan secara lebih efisien tanpa mengabaikan tuntutan ekologis. Atas dasar argumentasi tersebut, Green Innovation diprediksi mampu mengamortisasi konsekuensi negatif Intensitas Aset terhadap Kinerja Keberlanjutan. Oleh sebab itu, hipotesis penelitian diajukan sebagai berikut:

H2: Green Innovation memperlemah pengaruh negatif Intensitas Aset terhadap Kinerja Keberlanjutan.

3. Metode Penelitian

3.1 Sampel dan Data

Basis observasi dalam kajian ini mencakup emiten pertambangan yang tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI), dengan dokumentasi perusahaan berupa Laporan Tahunan (*Annual Report*) dan Laporan Keberlanjutan (*Sustainability Report*) tahun 2021–2025 yang ditelusuri melalui portal resmi BEI maupun laman masing-masing perusahaan. Dari keseluruhan 46 emiten yang masuk dalam cakupan populasi selama periode pengamatan, proses penyaringan menggunakan teknik *purposive sampling* menghasilkan 35 perusahaan yang memenuhi persyaratan inklusi. Akumulasi unit analisis tersebut membentuk data panel berjumlah 175 observasi, yang berasal dari perkalian 35 perusahaan dengan lima tahun pengamatan. Penelitian ini mencakup sembilan variabel, meliputi Kinerja Keberlanjutan sebagai variabel dependen, Intensitas Aset sebagai variabel independen, *Green Innovation* sebagai variabel moderasi, serta enam variabel kontrol berupa *Return on Assets* (ROA), *Debt to Equity Ratio* (DER), ukuran perusahaan, umur perusahaan, sertifikasi ISO 14001, dan indikator COVID-19. Rincian tahapan eliminasi sampel berdasarkan persyaratan seleksi disajikan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil Uji purposive sampling

No.	Kriteria	Jumlah
1	Jumlah perusahaan pertambangan periode 2021-2025	46
2	Perusahaan pertambangan yang tidak terdaftar di BEI selama periode 2021-2025	0
3	Perusahaan pertambangan yang mengalami delisting/suspensi pada periode 2021-2025	-2
4	Perusahaan yang tidak mempublikasikan annual report secara konsisten dan lengkap selama periode 2021-2025	-2

5	Perusahaan yang tidak mempublikasikan sustainability report secara konsisten dan lengkap selama periode 2021-2025	-7
	Jumlah	35
	Tahun pengamatan	5
	Jumlah sampel	175

Sumber : Data Sekunder Diolah, 2026

3.2 Pengukuran Variabel

Pengukuran variabel dalam penelitian ini dioperasionalkan melalui seperangkat proksi kuantitatif maupun kategorikal yang merepresentasikan variabel terikat, variabel bebas, pemoderasi, dan variabel pengendali. Setiap konstruk diukur berdasarkan karakteristik empiris yang dapat diobservasi. Kinerja Keberlanjutan (ESG) direpresentasikan melalui Indeks Pengungkapan Laporan Keberlanjutan (*Sustainability Report Disclosure Index*/SRDI), yang diperoleh dari rasio jumlah butir keberlanjutan yang dipublikasikan entitas terhadap keseluruhan butir yang dipersyaratkan dalam Standar GRI 2021. Intensitas Aset (INTAST) diukur melalui proporsi aset tetap terhadap keseluruhan aset. Sementara itu, Inovasi Hijau (GI) diukur berdasarkan jumlah indikator inovasi berorientasi lingkungan yang terpenuhi dari delapan indikator yang ditentukan. Adapun Profitabilitas (ROA) direpresentasikan oleh rasio laba bersih terhadap total aset, sedangkan Leverage (DER) ditentukan melalui perbandingan total utang dengan total ekuitas. Dimensi ukuran perusahaan (SIZE) dihitung menggunakan logaritma natural total aset, sementara AGE dihitung melalui pengurangan tahun pendirian perusahaan dari tahun observasi. Kepemilikan sertifikasi lingkungan ISO 14001 diklasifikasikan menggunakan variabel biner, dengan kode 1 untuk entitas bersertifikat dan kode 0 bagi entitas tanpa sertifikasi tersebut. Adapun periode pandemi COVID-19 dikonstruksikan sebagai variabel dummy, yang bernilai 1 selama 2021–2022 dan 0 pada tahun pengamatan lainnya. Rincian teknis mengenai rumus, proksi, serta parameter pengukuran setiap variabel dicantumkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Operasional Variabel Penelitian

Variabel	Pengukuran	Sumber
Kinerja Keberlanjutan (ESG)	SRDI = Jumlah item diungkapkan / Jumlah item yang diwajibkan berdasarkan GRI Standards 2021.	GRI Standards (2021)
Intensitas Aset (INTAST)	Total aset tetap / total aset.	(Cao et al., 2021)
Green Innovation (GI)	Jumlah indikator inovasi hijau yang terpenuhi / 8 indikator.	(Chen et al., 2006; Sabila et al., 2025)
Profitabilitas (ROA)	Laba bersih / total aset × 100%.	(Ningsih & Subarkah, 2018)
Leverage (DER)	Total utang / total ekuitas × 100%.	(Alsaadi et al., 2026)
Ukuran Perusahaan (SIZE)	Ln (total aset).	(Hartono, 2015)
Umur Perusahaan (AGE)	Tahun pengamatan − tahun pendirian perusahaan.	(Waluyo, 2017)
Sertifikasi ISO 14001 (ISO)	Dummy: 1 = memiliki ISO 14001; 0 = tidak memiliki.	(Putri et al., 2025)
COVID-19 (COVID)	Dummy: 1 = tahun 2021–2022; 0 = tahun lainnya.	(Broadstock et al., 2021)

3.3 Teknik Analisis Data

Prosedur pengolahan data empiris dilakukan melalui tiga tahapan utama, yakni analisis deskriptif, pengujian prasyarat regresi, serta estimasi *Moderated Regression Analysis* (MRA). Tahap deskriptif menguraikan sebaran observasi berdasarkan nilai rata-rata (*mean*), nilai tengah (*median*), nilai terendah (*minimum*), nilai tertinggi (*maksimum*), dan simpangan baku (*standard deviation*). Tahap berikutnya mencakup serangkaian pengujian berupa uji normalitas, multikolinearitas, autokorelasi, serta heteroskedastisitas guna mengevaluasi terpenuhinya persyaratan penggunaan model regresi. Secara spesifik, normalitas berkaitan dengan pola distribusi data, multikolinearitas mengidentifikasi keterkaitan linear antarvariabel prediktor, autokorelasi menguji hubungan residual antarperiode, sedangkan heteroskedastisitas mengevaluasi kesamaan varians galat. Setelah kelayakan model regresi dievaluasi, pengujian hipotesis dilakukan melalui MRA, uji t, uji F, dan koefisien determinasi (R^2). Ghozali (2018) menjelaskan bahwa MRA merupakan pengembangan regresi linear berganda yang mengakomodasi komponen perkalian antara variabel prediktor dan variabel moderator. Metode tersebut diterapkan dalam penelitian ini untuk mengestimasi hubungan Intensitas Aset dengan Kinerja Keberlanjutan sekaligus mengevaluasi kemampuan *Green Innovation* dalam memperkuat ataupun memperlemah hubungan kedua variabel tersebut. Formulasi matematis model regresi moderasi yang digunakan dalam penelitian ini disajikan sebagai berikut:

Model 1

$$ESG_{it} = \alpha + \beta_1 INTAST_{it} + \beta_2 ROA_{it} + \beta_3 DER_{it} + \beta_4 FIRM_{it} + \beta_5 AGE_{it} + \beta_6 ISO_{it} + \beta_7 COVID_{it} + \varepsilon_{it}$$

Model 2

$$ESG_{it} = \alpha + \beta_1 INTAST_{it} + \beta_2 GI_{it} + \beta_3 ROA_{it} + \beta_4 DER_{it} + \beta_5 FIRM_{it} + \beta_6 AGE_{it} + \beta_7 ISO_{it} + \beta_8 COVID_{it} + \varepsilon_{it}$$

Model 3

$$ESG_{it} = \alpha + \beta_1 INTAST_{it} + \beta_2 GI_{it} + \beta_3 (INTAST_GI)_{it} + \beta_4 ROA_{it} + \beta_5 DER_{it} + \beta_6 FIRM_{it} + \beta_7 AGE_{it} + \beta_8 ISO_{it} + \beta_9 COVID_{it} + \varepsilon_{it}$$

Keterangan:

ESG : Kinerja Keberlanjutan
α : Konstanta
β_{1-8} : Koefisien Regresi Variabel
X : Intensitas Aset
Z : *Green Innovation*
X . Z : Moderasi(*Intensitas Aset* X *Green Innovation*)
ROA : Profitabilitas (*Return on Assets*)
DER : *Leverage* (*Debt to Equity Ratio*)
SIZE : Ukuran Perusahaan
AGE : Umur Perusahaan
ISO : Sertifikasi ISO 14001
COV : COVID-19
E : *error*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Statistik Deskriptif

Cakupan empiris yang dianalisis meliputi 175 unit observasi perusahaan pertambangan yang terhimpun dari 35 entitas selama kurun 2021–2025. Secara numerik, Kinerja Keberlanjutan (ESG) mencatat rerata 0,8004, sementara Intensitas Aset membukukan rerata 0,2728. Variabel Inovasi Hijau (Green Innovation) memperlihatkan capaian rata-rata 5,1314 dari total 8 indikator pengukuran. Pada kelompok variabel kontrol, rerata profitabilitas (ROA) mencapai 0,1149, leverage (DER) sebesar 1,3563, Ukuran Perusahaan sebesar 20,3291, serta Umur Perusahaan selama 36 tahun. Proporsi observasi yang memiliki sertifikasi ISO 14001 tercermin melalui rerata 0,8571, sedangkan variabel COVID-19 bernilai rata-rata 0,4000, yang merepresentasikan 40% pengamatan pada rentang 2021–2022. Adapun sebaran nilai terendah, tertinggi, dan simpangan baku setiap variabel disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Statistik Deskriptif

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
ESG	175	0.8004	0.1142	0.5612	0.9806
INTAST	175	0.2728	0.2722	0.0015	2.7748
GI	175	5.1314	1.3729	0	8
ROA	175	0.1149	0.1412	-0.2599	0.6214
DER	175	1.3563	2.7065	0.0411	30.2554
FIRM	175	20.3291	3.4498	13.1857	29.8423
AGE	175	36	26.1692	6	169
ISO	175	0.8571	0.3509	0	1
COVID	175	0.4	0.4913	0	1

Sumber: Data diolah peneliti dengan Stata V.17

4.2 Matriks Korelasi

Penggunaan koefisien Pearson bertujuan untuk mengidentifikasi arah sekaligus tingkat keeratan hubungan linear antarvariabel yang diteliti. Arah hubungan ditentukan berdasarkan tanda koefisien, sedangkan tingkat keeratannya dinilai melalui nilai absolut koefisien yang dihasilkan (Allison dkk., 2022). Mengacu pada klasifikasi Sugiyono (2019), koefisien 0,00–0,199 menunjukkan hubungan sangat lemah; 0,20–0,399 menunjukkan hubungan lemah; 0,40–0,599 menunjukkan hubungan sedang; 0,60–0,799 menunjukkan hubungan kuat; sedangkan 0,80–1,000 menunjukkan hubungan sangat kuat (Mustafa, 2023). Matrik korelasi Pearson tertampil pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Matriks Korelasi Pearson

Variabel	ESG	INTAST	GI	ROA	DER	FIRM	AGE	ISO	COVID
ESG	1,0000								
INTAST	-0,1248* 0.0999	1,0000							
GI	0.3048* 0.0000	-0.0151 0.8428	1,0000						
ROA	-0,3604* 0.2475	-0.2320* 0.0020	0,0648* 0.3945	1.0000					
DER	-0,1767* 0.8621	-0.0145 0.8485	-0.1402* 0.0642	-0.2506* 0.0008	1.0000				
FIRM	-0,1767 0.0193	-0.1196* 0.1150	-0.2650* 0.0004	-0.0304 0.6901	0.0789* 0.2992	1.0000			
AGE	0,2043* 0.0067	0.0173 0.8206	0.0976* 0.1989	-0.0691* 0.3636	-0.0049 0.9485	-0.2487* 0.0009	1.0000		
ISO	0.1587* 0.0360	0.1338* 0.0776	0.3135* 0.0000	0.0349 0.6464	-0.1029* 0.1755	-0.4765* 0.0000	0.0438 0.5649	1.0000	
COVID	-0.5908* 0.0000	0.0559* 0.4624	0.1346* 0.0757	0.1334* 0.0785	-0.0166 0.8272	-0.0373 0.6242	-0.0469 0.5374	-0.0667* 0.3807	1.0000

Keterangan: * signifikan pada 5% ($p < 0,05$).

Pemetaan hubungan antarvariabel melalui koefisien Pearson memperlihatkan variasi tingkat keeratan hubungan, dengan dominasi keterkaitan pada kategori sangat lemah hingga sedang. INTAST menunjukkan hubungan negatif yang sangat lemah terhadap ESG dengan koefisien −0,1248, sedangkan GI memiliki hubungan positif dengan ESG pada tingkat rendah sebesar 0,3048. Di antara variabel pengendali, pasangan ISO 14001–FIRM mencatat korelasi negatif sedang sebesar −0,4765, sementara hubungan COVID–ESG mencapai −0,5908 dan turut dikategorikan sebagai hubungan berkekuatan sedang. Adapun pasangan variabel independen lainnya menunjukkan koefisien yang berada pada kategori sangat lemah hingga lemah.

Secara diagnostik, besaran korelasi antarvariabel independen yang cenderung terbatas memberikan indikasi awal mengenai rendahnya hubungan linear di antara variabel penjelas dalam model regresi. Pasangan FIRM–ISO 14001 mencatat koefisien absolut terbesar di antara variabel independen yang dilaporkan, yakni 0,4765, dengan arah hubungan negatif. Besaran tersebut belum menunjukkan adanya hubungan linear yang sangat kuat antarvariabel independen. Meskipun demikian, matriks korelasi Pearson hanya berfungsi sebagai pemeriksaan awal terhadap potensi multikolinearitas dan belum cukup untuk memastikan tidak adanya masalah tersebut dalam estimasi regresi. Oleh karena itu, pengujian lanjutan menggunakan Variance Inflation Factor (VIF) tetap diperlukan.

4.3 Uji Pendahuluan

4.3.1 Uji Asumsi Klasik

Evaluasi prasyarat ekonometrika dalam studi ini mencakup empat dimensi diagnostik, meliputi distribusi residual, korelasi antarvariabel independen, ketidaksamaan varians galat, serta korelasi serial. Rangkaian pemeriksaan tersebut dimaksudkan untuk mengidentifikasi karakteristik galat dan potensi penyimpangan spesifikasi sebelum pengujian hipotesis dilaksanakan. Mengingat struktur observasi berbentuk data panel dengan estimasi Random Effect Model (REM), interpretasi hasil pengujian perlu diselaraskan dengan karakteristik unit silang dan dimensi waktu yang terkandung dalam data penelitian.

Distribusi galat diperiksa melalui Uji Shapiro-Wilk guna mengevaluasi kesesuaian residual terhadap distribusi normal. Acuan keputusan yang digunakan menetapkan bahwa probabilitas di atas 0,05 mengindikasikan tidak adanya bukti statistik yang memadai untuk menolak hipotesis nol normalitas. Hasil penghitungan memperlihatkan statistik Shapiro-Wilk sebesar 0,9911 disertai probabilitas 0,3580. Karena probabilitas tersebut melampaui taraf pengujian 5% (0,3580 > 0,05), H_o tidak ditolak. Oleh sebab itu, distribusi residual berdasarkan prosedur pengujian tersebut tidak memperlihatkan penyimpangan normalitas yang signifikan secara statistik.

Potensi hubungan linear antarvariabel independen dievaluasi menggunakan indikator Variance Inflation Factor (VIF). Batas operasional yang diterapkan dalam penelitian ini mengategorikan nilai VIF di bawah 10 sebagai indikasi tidak adanya multikolinearitas yang tinggi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa GI memiliki VIF sebesar 3,01, ROA sebesar 1,20, DER sebesar 1,11, FIRM sebesar 1,49, AGE sebesar 1,09, ISO sebesar 1,49, COVID sebesar 2,53, TAHUN 2022 sebesar 1,66, TAHUN 2023 sebesar 1,68, serta TAHUN 2024 sebesar 1,63. Sementara itu, INTAST mencatat nilai 26,62 dan INTAST_GI sebesar 27,95, sehingga kedua variabel tersebut melampaui batas VIF yang ditetapkan. Tingginya nilai VIF pada komponen tersebut berkaitan dengan pembentukan variabel interaksi melalui perkalian antara INTAST dan GI. Meskipun nilai rata-rata VIF keseluruhan tercatat sebesar 5,96 atau masih di bawah

ambang 10, kondisi tersebut belum dapat dijadikan dasar untuk menyimpulkan bahwa model sepenuhnya terbebas dari multikolinearitas. Oleh karena itu, keberadaan nilai VIF individual yang melampaui batas perlu menjadi perhatian dalam menginterpretasikan hasil estimasi, khususnya koefisien variabel interaksi, karena dapat memengaruhi ketepatan estimasi koefisien regresi.

Ketidaksamaan varians residual ditelaah melalui Breusch-Pagan/Cook-Weisberg Test, yang digunakan untuk menilai keseragaman varians galat pada persamaan regresi. Berdasarkan kaidah keputusan yang diterapkan, probabilitas di atas 0,05 mengindikasikan tidak adanya bukti heteroskedastisitas, sedangkan probabilitas di bawah 0,05 memberikan dasar penolakan hipotesis nol homoskedastisitas. Hasil pengujian menghasilkan statistik Chi-Square sebesar 7,85 dengan probabilitas 0,0051. Nilai tersebut berada di bawah ambang signifikansi 0,05 (0,0051 < 0,05), sehingga H_o ditolak dan ditemukan indikasi heteroskedastisitas dalam model regresi. Sebagai langkah korektif terhadap ketidaksamaan varians tersebut, estimasi REM menerapkan Cluster-Robust Standard Error agar perhitungan ketidakpastian koefisien lebih tahan terhadap pelanggaran asumsi kesamaan varians residual.

Korelasi serial pada galat observasi dalam perusahaan yang sama dianalisis melalui Wooldridge Test for Autocorrelation in Panel Data. Prosedur ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan korelasi residual antarperiode dalam struktur panel, dengan probabilitas di atas 0,05 sebagai dasar tidak ditolaknya hipotesis nol ketiadaan autokorelasi, sedangkan nilai di bawah 0,05 menunjukkan bukti yang mendukung adanya korelasi serial. Hasil pengujian memperlihatkan statistik F sebesar 9,165 dan probabilitas 0,0047. Karena angka probabilitas tersebut lebih rendah daripada taraf signifikansi 5% (0,0047 < 0,05), H_o ditolak, yang menandakan adanya gejala autokorelasi dalam model. Untuk mengakomodasi korelasi serial sekaligus heteroskedastisitas yang teridentifikasi sebelumnya, prosedur estimasi REM menggunakan Cluster-Robust Standard Error. Penerapan koreksi tersebut ditujukan untuk menghasilkan inferensi statistik yang lebih andal ketika asumsi independensi residual dan keseragaman varians tidak sepenuhnya terpenuhi.

4.3.2 Hasil Uji Spesifikasi Model Regresi Data panel

Penetapan spesifikasi regresi data panel dilakukan melalui serangkaian prosedur komparatif yang mencakup Uji Chow, Uji Hausman, serta Uji Lagrange Multiplier (LM). Ketiga prosedur tersebut berfungsi mengidentifikasi konfigurasi estimasi yang paling sesuai berdasarkan karakteristik data penelitian. Pada tahap pemilihan antara Common Effect Model (CEM) dan Fixed Effect Model (FEM), keputusan ditentukan melalui probabilitas Cross-section F. Apabila nilainya berada di bawah 0,05, FEM menjadi model yang dipilih, sedangkan probabilitas di atas 0,05 mengindikasikan kelayakan CEM. Hasil perhitungan Uji Chow memperlihatkan statistik Cross-section F sebesar 3,73 dengan probabilitas 0,0000. Mengingat probabilitas tersebut berada di bawah taraf signifikansi 5% (0,0000 kurang dari 0,05), efek individual dinilai relevan sehingga FEM lebih sesuai dibandingkan CEM. Tahap berikutnya melibatkan Uji Hausman untuk mengidentifikasi spesifikasi yang lebih tepat di antara FEM dan Random Effect Model (REM). Parameter keputusan mengacu pada probabilitas Chi-Square, yakni FEM dipilih ketika nilai probabilitas kurang dari 0,05, sementara REM menjadi alternatif apabila probabilitas lebih dari 0,05. Berdasarkan hasil pengujian, statistik Chi-Square tercatat sebesar 6,80 dengan probabilitas 0,6580. Karena nilai tersebut melampaui batas signifikansi yang ditetapkan (0,6580 lebih dari 0,05), model efek acak dinilai lebih sesuai daripada model efek tetap, sehingga REM menjadi model yang dipilih.

Adapun pemilihan antara CEM dan REM dilaksanakan melalui Uji Lagrange Multiplier (LM). Pengambilan keputusan mengacu pada probabilitas Chi-Square, dengan REM dipilih apabila nilai probabilitas kurang dari 0,05, sedangkan CEM digunakan ketika probabilitas lebih dari 0,05. Hasil pengujian menghasilkan statistik Chi-Square sebesar 37,47 dan probabilitas 0,0000. Angka tersebut berada di bawah ambang signifikansi 0,05 (0,0000 kurang dari 0,05), sehingga hipotesis yang mendukung keberadaan komponen efek acak memperoleh dukungan empiris dan REM dinyatakan lebih sesuai dibandingkan CEM. Secara keseluruhan, ketiga prosedur seleksi menghasilkan keputusan yang tidak sepenuhnya seragam. Uji Chow mengarahkan pemilihan pada FEM, sedangkan Uji Hausman dan Uji LM memberikan preferensi kepada REM. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, Random Effect Model (REM) digunakan sebagai spesifikasi regresi data panel dalam penelitian ini.

4.4 Hasil Pengujian Hipotesis

Kelayakan pengujian ketiga spesifikasi model regresi ditunjukkan melalui nilai Prob > Chi2 sebesar 0,0000 pada setiap model. Nilai tersebut berada di bawah taraf signifikansi 5%, sehingga seluruh model menunjukkan pengaruh yang signifikan secara simultan. Estimasi menggunakan Random Effect Model (REM) dengan koreksi Cluster-Robust Standard Error memperlihatkan perbedaan kemampuan penjelasan antarmodel. Spesifikasi pertama menghasilkan nilai R-squared (Overall) sebesar 0,6316, yang menunjukkan bahwa Intensitas Aset beserta variabel pengendali mampu menjelaskan 63,16% variasi Kinerja Keberlanjutan, sedangkan 36,84% sisanya dijelaskan oleh faktor lain di luar model penelitian. Penambahan Green Innovation pada spesifikasi kedua menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,6865, sehingga proporsi variasi Kinerja Keberlanjutan yang dapat dijelaskan meningkat menjadi 68,65%. Adapun spesifikasi ketiga menghasilkan nilai R-squared (Overall) sebesar 0,6492. Nilai tersebut menunjukkan bahwa Intensitas Aset, Green Innovation, variabel interaksi INTAST_GI, dan variabel pengendali mampu menjelaskan 64,92% variasi Kinerja Keberlanjutan, sedangkan 35,08% sisanya dijelaskan oleh faktor lain di luar model. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa kemampuan model dalam menjelaskan variasi Kinerja Keberlanjutan berbeda sesuai dengan komposisi variabel yang digunakan pada tabel 5:

Tabel 5. Hasil Estimasi Regresi Data Panel

Variabel	Model 1 (Uji H1)	Model 2 (Uji H2)	Model 3 (Uji H3)
Konstanta (_cons)	0,9937	0,9001	0,9749
	(0,000)***	(0,000)***	(0,000)***
INTAST	-0,0326	-0,0333	-0,1653
	(0,066)*	(0,078)*	(0,008)***
GI	-	0,0165	-
	-	(0,000)***	-
INTAST_GI	-	-	0,0266
	-	-	(0,019)**
ROA	0,0441	0,0309	0,0452
	(0,360)	(0,507)	(0,351)
DER	0,0006	0,0007	0,0005
	(0,712)	(0,545)	(0,734)
FIRM	-0,0054	-0,0044	-0,0044
	(0,002)***	(0,015)**	(0,018)**
AGE	0,0005	0,0005	0,0005
	(0,051)*	(0,033)**	(0,038)**
ISO	0,0031	-0,0071	0,0019

	(0,805)	(0,515)	(0,880)
COVID	-0,1838	-0,1875	-0,1834
	(0,000)***	(0,000)***	(0,000)***
R-squared (Overall)	0,6316	0,6865	0,6492
Wald Chi2	643,91	676,71	664,68
Prob > Chi2	0,0000	0,0000	0,0000
Observasi	175	175	175

(Keterangan: Angka tanpa kurung adalah nilai Koefisien Regresi; Angka di dalam kurung adalah nilai Probabilitas/P-*Value*. Tanda *, **, *** masing-masing menunjukkan tingkat signifikansi pada 10%, 5%, dan 1%)

Sumber: Data diolah peneliti dengan Stata V.17

Hasil estimasi pada Tabel 5 menunjukkan bahwa INTAST pada Model 1 memiliki koefisien regresi sebesar −0,0326 dengan nilai probabilitas 0,0660. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Intensitas Aset berpengaruh negatif dan signifikan terhadap Kinerja Keberlanjutan pada taraf signifikansi 10%, sehingga H1 memperoleh dukungan empiris. Pada Model 2, INTAST juga menunjukkan arah pengaruh negatif dengan koefisien sebesar −0,0333 dan probabilitas 0,0780, yang berarti pengaruhnya tetap signifikan pada taraf 10%. Sementara itu, Green Innovation (GI) menghasilkan koefisien sebesar 0,0165 dengan probabilitas 0,0000. Temuan ini menunjukkan bahwa GI berpengaruh positif dan signifikan terhadap Kinerja Keberlanjutan, sehingga H2 memperoleh dukungan empiris.

Pada Model 3, INTAST menghasilkan koefisien sebesar −0,1653 dengan probabilitas 0,0080. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Intensitas Aset tetap berpengaruh negatif dan signifikan terhadap Kinerja Keberlanjutan. Pengaruh moderasi ditunjukkan melalui variabel interaksi INTAST_GI yang memiliki koefisien positif sebesar 0,0266 dengan probabilitas 0,0190. Koefisien interaksi yang positif dan signifikan tersebut mengindikasikan bahwa Green Innovation mampu memperlemah pengaruh negatif Intensitas Aset terhadap Kinerja Keberlanjutan. Dengan demikian, H3 memperoleh dukungan empiris dan GI terbukti berperan sebagai variabel moderasi. Adapun variabel pengendali ROA, DER, dan ISO tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan pada Model 3, sedangkan FIRM, AGE, dan COVID menunjukkan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap Kinerja Keberlanjutan.

Pembahasan

Pengaruh Intensitas Aset Tetap terhadap Kinerja Keberlanjutan

Hasil pengujian hipotesis pertama menunjukkan koefisien INTAST sebesar −0,0326 dengan probabilitas 0,066. Nilai tersebut lebih besar dari ambang signifikansi 5%, tetapi masih berada di bawah 10%, sehingga H1 memperoleh dukungan empiris pada taraf signifikansi 10%. Koefisien yang bernilai negatif menunjukkan adanya hubungan berlawanan arah antara intensitas aset tetap dan kinerja keberlanjutan (Environmental, Social, and Governance atau ESG). Fenomena tersebut dapat dijelaskan melalui karakteristik produksi pertambangan yang padat modal (capital intensive) dan memiliki ketergantungan tinggi pada aset fisik. Penggunaan mesin ekstraksi, alat berat, instalasi pengolahan, serta infrastruktur penunjang berpotensi meningkatkan konsumsi energi sekaligus memperbesar dampak lingkungan berupa emisi dan limbah industri. Kondisi tersebut diperberat oleh sifat aset pertambangan yang sulit dipindahkan dan panjangnya masa penggunaan ekonomis, sehingga proses peralihan menuju teknologi rendah emisi atau teknologi yang lebih efisien dalam penggunaan sumber daya tidak selalu dapat dilakukan dengan cepat. Konsekuensinya, penumpukan aset

yang tidak diimbangi pembaruan teknologi dan upaya pengelolaan dampak lingkungan berpotensi memperbesar jejak lingkungan perusahaan serta menurunkan capaian keberlanjutan.

Relevansi konseptual atas fenomena tersebut dapat dikaitkan dengan penelitian Cao et al. (2021), yang mengidentifikasi hubungan antara fixed asset intensity dan penegakan regulasi lingkungan. Keterikatan perusahaan pada aset berwujud dan wilayah operasional tertentu dapat meningkatkan kemudahan otoritas pengawas dalam menelusuri aktivitas perusahaan, sehingga intensitas pengawasan maupun penegakan ketentuan lingkungan berpotensi meningkat. Meskipun indikator hasil yang dianalisis tidak sepenuhnya sama, kedua penelitian menunjukkan bahwa struktur aset perusahaan memiliki implikasi terhadap aspek lingkungan dalam kegiatan usaha. Perbedaan hasil antarpenelitian dapat ditelusuri melalui perbedaan karakteristik sampel, sistem regulasi, struktur industri, serta instrumen pengukuran kinerja lingkungan yang digunakan.

Peran Green Innovation dalam Memoderasi Pengaruh Intensitas Aset Tetap terhadap Kinerja Keberlanjutan

Hasil pengujian hipotesis kedua menunjukkan bahwa interaksi antara Intensitas Aset Tetap dan Green Innovation (INTAST_GI) menghasilkan koefisien sebesar 0,0266 dengan probabilitas 0,019. Nilai tersebut berada di bawah ambang signifikansi 5% (0,019 < 0,05), sehingga interaksi kedua variabel terbukti berpengaruh signifikan terhadap Kinerja Keberlanjutan. Ditinjau dari arah koefisiennya, koefisien interaksi yang positif berlawanan dengan koefisien Intensitas Aset Tetap sebesar −0,1653 pada Model 3. Hasil ini menunjukkan bahwa Green Innovation mampu memperlemah pengaruh negatif Intensitas Aset Tetap terhadap Kinerja Keberlanjutan. Berdasarkan hasil tersebut, H2 memperoleh dukungan empiris dan dinyatakan diterima.

Secara substantif, hasil pengujian tersebut mengindikasikan bahwa dampak lingkungan yang berkaitan dengan tingginya penggunaan aset fisik dapat dikurangi melalui pembaruan teknologi yang berorientasi pada lingkungan. Pada industri pertambangan, penggunaan alat berat, instalasi pengolahan, serta infrastruktur operasional berpotensi meningkatkan konsumsi energi dan dampak lingkungan berupa emisi maupun limbah produksi. Namun, penerapan inovasi hijau melalui efisiensi energi, pengurangan emisi, dan pengelolaan limbah berpeluang mengurangi tekanan lingkungan yang ditimbulkan oleh penggunaan aset tetap. Dengan demikian, Green Innovation dapat dipandang sebagai upaya pembaruan yang memungkinkan perusahaan mengoptimalkan penggunaan aset sekaligus mengurangi dampak lingkungan dari tingginya penggunaan modal fisik.

Temuan tersebut memiliki keterkaitan dengan penelitian Cao et al. (2021), yang menghubungkan intensitas aset tetap dengan aspek penegakan regulasi lingkungan. Penelitian ini mengembangkan perspektif tersebut dengan menunjukkan bahwa dampak lingkungan dari kepemilikan aset tidak hanya berkaitan dengan karakteristik dan sifat aset yang sulit dialihkan, tetapi juga dengan kemampuan perusahaan dalam menerapkan inovasi berorientasi keberlanjutan. Melalui pembaruan teknologi dan perbaikan prosedur operasional, aset tetap yang berpotensi meningkatkan beban lingkungan dapat dimanfaatkan secara lebih efisien, rendah emisi, dan selaras dengan prinsip pelestarian lingkungan.

Dalam kegiatan operasional pertambangan, penerapan inovasi hijau dapat dilakukan melalui modernisasi alat berat untuk mengurangi konsumsi energi, pemasangan teknologi penyaringan dan pengendalian emisi pada fasilitas pengolahan, serta pemanfaatan teknologi

untuk mendukung pemulihan lahan pascatambang. Berbagai upaya tersebut memungkinkan penggunaan aset produktif tetap berlangsung dengan disertai pengurangan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, Green Innovation berfungsi sebagai mekanisme yang dapat mengurangi dampak negatif Intensitas Aset Tetap terhadap Kinerja Keberlanjutan. Artinya, tingginya kepemilikan aset berwujud tidak selalu menghasilkan penurunan kinerja keberlanjutan dalam tingkat yang sama, karena dampaknya juga dipengaruhi oleh kemampuan inovasi yang diterapkan oleh masing-masing perusahaan.

5. KESIMPULAN

Hasil pengujian empiris menunjukkan bahwa Intensitas Aset Tetap memiliki hubungan negatif dan signifikan dengan Kinerja Keberlanjutan, sedangkan *Green Innovation* terbukti mampu memperlemah hubungan negatif tersebut. Temuan ini mengindikasikan bahwa tingginya investasi pada aset berwujud berpotensi menurunkan pencapaian keberlanjutan perusahaan. Meskipun demikian, penerapan inovasi hijau dapat mengurangi dampak negatif tersebut melalui penggunaan teknologi rendah emisi, pembaruan prosedur produksi, serta perbaikan kegiatan operasional yang berorientasi pada lingkungan. Berdasarkan hasil pengujian statistik, kedua hipotesis penelitian, yaitu H1 dan H2, dinyatakan didukung oleh hasil penelitian.

Generalisasi hasil penelitian ini masih terbatas karena objek pengamatan hanya mencakup perusahaan sektor pertambangan dengan periode penelitian 2021–2025. Keterbatasan lainnya terletak pada penggunaan proksi tertentu untuk mengukur Kinerja Keberlanjutan dan *Green Innovation*, sehingga pengukuran kedua variabel tersebut belum tentu mencakup seluruh aspek yang terkandung dalam konsepnya. Nilai koefisien determinasi (*R-squared Overall*) sebesar 64,92% juga menunjukkan bahwa 35,08% variasi Kinerja Keberlanjutan masih dipengaruhi oleh faktor lain yang belum dimasukkan dalam model penelitian. Penelitian selanjutnya dapat memperluas cakupan melalui penggunaan objek dari berbagai sektor industri, penambahan periode pengamatan, serta penggunaan variabel lain, seperti *Good Corporate Governance*, pembiayaan hijau, dan kegiatan penelitian serta pengembangan (*Research and Development*) yang berorientasi pada inovasi lingkungan.

Dari sisi teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan pemahaman mengenai hubungan antara struktur aset perusahaan, *Green Innovation*, dan Kinerja Keberlanjutan. Penelitian ini juga memperkuat pemahaman mengenai peran inovasi hijau sebagai kemampuan strategis perusahaan dalam mengurangi dampak negatif dari tingginya kepemilikan aset tetap. Dari sisi manajerial, hasil penelitian menegaskan pentingnya penerapan *Green Innovation* dalam perencanaan penggunaan aset, pengambilan keputusan operasional, dan pengelolaan keberlanjutan perusahaan. Sementara itu, dari sisi regulasi, pemerintah dan pemangku kepentingan terkait perlu mendorong penerapan teknologi yang lebih ramah lingkungan serta modernisasi proses pertambangan untuk mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan pertambangan.

6. REFERENCES

Alsaadi, A., Jaafar, A., Ebrahim, M., & Merkl-Davies, D. (2026). Corporate social responsibility and tax avoidance: Organized hypocrisy or balancing contradictory demands? *Journal of Financial Reporting and Accounting*. Advance online publication. https://doi.org/10.1108/JFRA-10-2025-0827

Allison, J. S., Santana, L., & Visagie, I. J. H. (2022). A primer on simple measures of association

taught at undergraduate level. *Teaching Statistics, 44*, 96–103. https://doi.org/10.1111/test.12307

Broadstock, D. C., Chan, K., Cheng, L. T. W., & Wang, X. (2021). The role of ESG performance during times of financial crisis: Evidence from COVID-19 in China. *Finance Research Letters, 38*, Article 101716. https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101716

Cao, X., Deng, Q., Li, X., & Shao, Z. (2021). Fine me if you can: Fixed asset intensity and enforcement of environmental regulations in China. *Regulation and Governance*, *16*(4), 983–1004. https://doi.org/10.1111/rego.12406

Chen, Y. S., Lai, S. B., & Wen, C. T. (2006). The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan. *Journal of Business Ethics*, *67*, 331–339. https://doi.org/10.1007/s10551-006-9025-5

Deegan, C. (2004). *Financial accounting theory*. McGraw-Hill Australia.

Donaldson, T., & Preston, L. E. (1995). The stakeholder theory of the corporation: Concepts, evidence, and implications. *The Academy of Management Review*, *20*(1), 65–91. https://doi.org/10.2307/258887

Dowling, J., & Pfeffer, J. (1975). Organizational legitimacy: Social values and organizational behavior. *The Pacific Sociological Review*, *18*(1), 122–136.

Ederington, J., Levinson, A., & Minier, J. (2005). Footloose and Pollution-Free. *The Review of Economics and Statistics*, *87*(1), 92–99.

Freeman, R. E., & McVea, J. (2001). *A stakeholder approach to strategic management*. SSRN Electronic Journal. https://doi.org/10.2139/ssrn.263511

Ghazali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.

Hartono, J. (2015). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi (Edisi ke-10)*. BPFE Yogyakarta.

Lindawati, A. S. L., & Puspita, M. E. (2015). Corporate Social Responsibility: Implikasi Stakeholder dan Legitimacy Gap dalam Peningkatan Kinerja Perusahaan. *Jurnal Akuntansi Multiparadigma*, *6*(1), 157–174. https://doi.org/10.18202/jamal.2015.04.6013

Mustafa, P. S. (2023). Tinjauan Literatur Analisis Uji R Berganda dan Uji Lanjut dalam Statistik Inferensial pada Penelitian Pendidikan Jasmani. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *9*(5), 571–593.

Naswa, N. N. A. Z., & Suryarini, T. (2025). Pengaruh Inventory Intensity, Environmental Performance, dan Capital Intensity terhadap Tax Avoidance. *Arbitrase: Journal of Economics and Accounting*, *6*(2), 521–530.

Ningsih, S., & Subarkah, J. (2018). Pengaruh profitabilitas, leverage, dan ukuran perusahaan terhadap pengungkapan tanggung jawab sosial perusahaan. *Jurnal Akuntansi*, *12*(2), 115–125.

O'Donovan, G. (2002). Environmental disclosures in the annual report: Extending the applicability and predictive power of legitimacy theory. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, *15*(3), 344–371.

Palupi, I. D., Na'im, A., Wijayana, S., & Nurhayati, R. (2025). The direct and indirect impacts of ESG controversies on sustainability performance: A longitudinal study. *Business Strategy & Development*, *8*(4), Article e70245. https://doi.org/10.1002/bsd2.70245

Putri, D. A., & Nauli Sipayung, E. S. (2025). Pengaruh Kinerja Lingkungan, Biaya Lingkungan, dan Sertifikasi ISO 14001 terhadap Profitabilitas pada Perusahaan Indeks Kompas 100 Periode 2021-2023. *Jurnal MADANI: Ilmu Pengetahuan, Teknologi, Dan Humaniora*, *8*(2), 100–111. https://doi.org/10.33753/madani.v8i2.435

Sabila, A. R., Yovita, L., Oktavia, V., & Setyahuni, S. W. (2025). Linking ESG and EMA to firm

value: The moderating role of green innovation. *International Journal of Economics, Management and Accounting, 2*(2), 189–202. https://doi.org/10.61132/ijema.v2i2.606

Sugiyono. (2019). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta.

Ullmann, A. A. (1985). Data in search of a theory: A critical examination of the relationships among social performance, social disclosure, and economic performance of US firms. *Academy of Management Review*, *10*(3), 540–557.

Waluyo, W. (2017). Firm size, firm age, and firm growth on corporate social responsibility in Indonesia: The case of real estate companies. *European Research Studies Journal*, *20*(4A), 360–369.