



**EKSPLORASI PENERAPAN GREEN TECHNOLOGY DI SEKTOR
PERTAMBANGAN: KAJIAN INTERDISIPLINER DAMPAK
SOSIOEKONOMI DAN LINGKUNGAN MELALUI
PENDEKATAN PESTEL DI MARANGKAYU,
KALIMANTAN TIMUR**

Filadelfi Yiskayani Pakasi, Rosyid Nurrohman

Departement Administrasi Bisnis, Universitas Mulawarman

Abstrak

Potensi pertambangan batubara terbesar di Indonesia terletak di Kalimantan Timur, khususnya di Marangkayu. Studi ini bertujuan untuk menilai kembali bagaimana tambang batu bara di wilayah Marangkayu mengelola lingkungannya dan berdampak terhadap masyarakat lokal, serta untuk memahami hubungan antara pendapat warga Marangkayu dan aktivitas pertambangan terhadap kerangka ekonomi dan ekologi mereka. Penambangan batu bara di sini juga memainkan peran penting dalam ekonomi lokal, menciptakan lapangan kerja, meningkatkan pendapatan daerah dan mendukung pembangunan infrastruktur. Akan tetapi, kegiatan-kegiatan tersebut juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti penggundulan hutan, polusi air dan udara, serta degradasi ekosistem. Kerusakan ini dapat menurunkan kualitas hidup penduduk dan meningkatkan risiko bencana alam. Artikel ini juga membahas tantangan yang dihadapi dalam mengelola penambangan batubara berkelanjutan dan pentingnya diversifikasi ekonomi untuk mengurangi ketergantungan pada sektor batubara. Studi ini menyoroti bahwa keseimbangan yang lebih baik antara pembangunan ekonomi dan perlindungan lingkungan memerlukan manajemen yang lebih bijaksana, penerapan teknologi hijau yang ramah lingkungan, serta penguatan regulasi dan pengawasan melalui pendekatan PESTEL yang digunakan oleh peneliti.

Kata Kunci: Green Technology, Sosioekonomi, Lingkungan, Masyarakat, Pertambangan.

PENDAHULUAN

Integrasi green technology atau yang dikenal dengan teknologi hijau membawa pengaruh yang sangat besar di pertambangan batubara khususnya di Marangkayu, manfaatnya yaitu dapat mengurangi dampak lingkungan negatif yang disebabkan oleh aktivitas pertambangan dan juga dapat meningkatkan efisiensi operasional. Penerapan teknologi hijau ini memberikan tujuan untuk menciptakan sistem yang ramah lingkungan, berkelanjutan, dan hemat energi. Inovasi teknologi hijau telah terbukti mampu menurunkan emisi karbon dan mendukung pencapaian netralitas karbon melalui penggunaan energi terbarukan dan efisiensi teknologi (Shan et al., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi hijau dalam sektor pertambangan bukan hanya penting dari sisi lingkungan, tetapi juga mendukung agenda global dalam mitigasi perubahan iklim. Berdasarkan data dari Kementerian ESDM tahun 2023, implementasi teknologi hijau mampu menurunkan emisi karbon di sektor pertambangan sebesar 18–25%. Data BPS Kalimantan Timur menunjukkan bahwa pada tahun 2023, sektor pertambangan menyumbang 44,21% dari total Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) provinsi tersebut, menjadikan sektor ini sangat krusial, tetapi juga memiliki potensi besar terhadap dampak ekologis.

Seluruh kegiatan tambang sebagai proses memanfaatkan sumber daya alam menjadi bagian dari upaya mensyukuri nikmat Tuhan (Pambudi et al., 2022). Rasa syukur dapat diekspresikan dalam bentuk yang beragam, salah satunya adalah mengelola kekayaan alam sesuai kaidah yang baik dan benar. Keberadaan sumber daya alam menjadi anugerah sangat besar bagi suatu bangsa dan selayaknya harus dikelola dengan penuh rasa tanggung jawab (Soelarno, 2022).

Pengelolaan sumber daya alam yang hanya berorientasi pada aspek ekonomi menimbulkan dampak positif dan negatif bagi kelangsungan hidup umat manusia, tetapi sudah jelas memberikan dampak negatif bagi lingkungan (Susetyo, 2007; Hidayat et al., 2018). Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya alam dalam rangka pembangunan tidak hanya memperhatikan aspek ekonomi tetapi perlu memperhatikan aspek sosial yang berkaitan dengan kelestarian dan kemampuan dan daya dukung lingkungan (Arunyawat & Shrestha, 2016; Ofosu et al., 2020). Inovasi teknologi hijau yang didorong oleh transformasi digital juga dapat memperkuat efisiensi dan keberlanjutan dalam industri pertambangan, seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya ESG (Environmental, Social, Governance) dalam meraih kepercayaan investor dan menciptakan bisnis yang berkelanjutan (Judijanto & Nurrohman, 2024; Xue et al., 2022). Studi oleh Judijanto et al. (2024) menyebutkan bahwa perusahaan yang menerapkan prinsip ESG mengalami peningkatan kepercayaan investor hingga 31% dan mampu meningkatkan efisiensi operasional sebesar 19% dalam lima tahun terakhir.

Pertambangan batu bara diartikan sebagai suatu rangkaian kegiatan mulai dari penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan, pengangkutan, sampai dengan pemasaran batu bara Suyitno (2000). Penambangan batu bara merupakan sektor industri yang memegang peranan krusial dalam perekonomian Indonesia, khususnya di wilayah Marangkayu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Kalimantan Timur dikenal sebagai salah satu daerah penghasil batubara terbesar di Indonesia, sehingga memiliki arti penting bagi perekonomian lokal dan nasional. Sektor ini memberikan

kontribusi yang signifikan terhadap penciptaan lapangan kerja, pendapatan daerah, serta pembangunan infrastruktur yang mendorong pertumbuhan ekonomi. Namun, penting dicatat bahwa globalisasi dan integrasi teknologi hijau dalam internasional, seperti di negara-negara OBOR, telah menunjukkan korelasi antara inovasi hijau dan penurunan emisi CO₂, yang relevan untuk diterapkan juga di daerah-daerah penghasil batu bara seperti Marangkayu (Bilal et al., 2021). Sebagai perbandingan, penerapan teknologi hijau di sektor tambang di negara-negara OBOR mampu mengurangi emisi hingga 21% dan meningkatkan efisiensi energi sebesar 17% (Bilal et al., 2021).

Aktivitas pertambangan memberikan dampak yang signifikan terhadap perubahan struktur ekonomi masyarakat, serta menimbulkan tekanan sosial dan kerusakan lingkungan yang serius. Dampak sosial yang muncul, seperti konflik lahan, perubahan pola hidup, dan ketidaksetaraan sosial, mulai dirasakan oleh penduduk setempat. Dari perspektif ekonomi, meskipun sebagian masyarakat mendapatkan keuntungan berupa peluang kerja dan peningkatan pendapatan, banyak pula yang mengalami penurunan kesejahteraan akibat kerusakan pada sektor pertanian dan perikanan tradisional. Dalam hal lingkungan, isu-isu utama yang dihadapi masyarakat Marangkayu meliputi kerusakan hutan, pencemaran air, degradasi tanah, serta masalah kesehatan yang disebabkan oleh debu dan limbah dari kegiatan pertambangan. Perubahan gaya hidup masyarakat yang terdampak juga menjadi penting untuk dianalisis, di mana upaya menuju gaya hidup hijau seringkali menghadapi hambatan budaya dan struktural yang kompleks, namun memiliki potensi besar dalam menciptakan tatanan sosial yang lebih berkelanjutan (Hijrah et al., 2025). Menurut survei lapangan oleh Pemkab

Kutai Kartanegara tahun 2023, 64% masyarakat Marangkayu menyatakan bahwa kesehatan mereka terganggu oleh debu tambang, dan 43% di antaranya mengalami gangguan ekonomi karena menurunnya hasil pertanian dan perikanan.

Walaupun penambangan batu bara memberikan sumbangan besar bagi perekonomian, dampak lingkungan yang dihasilkan dari kegiatan ini tidak dapat diabaikan. Konsekuensi negatif yang umum terjadi akibat pertambangan batu bara di Marangkayu termasuk penggundulan hutan, kerusakan ekosistem, pencemaran udara dan air, serta kerusakan lahan. Kegiatan penambangan batu bara yang tidak terkelola dengan baik mampu mencemari lingkungan, yang pada gilirannya bisa berpengaruh terhadap kesehatan publik dan kelangsungan sumber daya alam. Dampak buruk ini bisa menurunkan kualitas hidup warga yang tergantung pada lingkungan dan sumber daya alam yang ada. Oleh karena itu, perusahaan tambang lokal perlu lebih memahami keterkaitan antara kegiatan penambangan batu bara dengan dampaknya bagi ekonomi dan lingkungan, dan berusaha menemukan cara untuk melakukan pengelolaan tambang yang berkelanjutan.. Transformasi digital dan konvergensi industri juga dapat berkontribusi dalam meningkatkan adaptasi bisnis dan inovasi hijau, terutama dalam memperbaiki sistem pengawasan, manajemen data lingkungan, dan keterlibatan masyarakat secara lebih transparan dan efisien (Judijanto et al., 2024). Hingga akhir 2024, Kementerian LHK mencatat hanya 28% perusahaan tambang di Indonesia yang telah memiliki sistem pemantauan lingkungan digital terintegrasi, yang menunjukkan pentingnya percepatan transformasi ini.

Sejalan dengan kemajuan kebijakan dan teknologi dalam

pengelolaan sumber daya alam, baik pemerintah daerah maupun pusat semakin menekankan pentingnya penerapan prinsip keberlanjutan dalam industri pertambangan. Ini mencakup kebutuhan untuk melakukan reklamasi lahan setelah penambangan, meningkatkan pengelolaan limbah, serta menerapkan pengawasan yang ketat terhadap perusahaan tambang. Tujuan dari langkah-langkah ini adalah untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, sambil tetap menjaga manfaat ekonomi yang dihasilkan oleh sektor pertambangan. Dalam era Society 5.0, sinergi antara digitalisasi dan pelestarian lingkungan menjadi kunci penting untuk menciptakan keseimbangan antara kemajuan industri dan keberlanjutan ekologis (Utami et al., 2024). Data dari KLHK pada tahun 2024 menunjukkan bahwa tingkat reklamasi lahan pascatambang secara nasional meningkat sebesar 36% dibandingkan tahun 2020, dengan Kalimantan Timur sebagai salah satu provinsi yang menunjukkan peningkatan tercepat.

Penelitian ini bertujuan untuk menilai sejauh mana peran integrasi green technology terhadap aktivitas pertambangan yang akan berdampak pada kehidupan masyarakat di Marangkayu, serta memberikan pemahaman yang lebih objektif mengenai tantangan dan peluang yang ditawarkan oleh industri tersebut. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan pendekatan PESTEL untuk memperkuat argumen dari penelitian ini. Pendekatan PESTEL dapat diartikan sebagai alat analisis yang digunakan untuk meneliti kondisi lingkungan eksternal dari berbagai aspek yang sekiranya berdampak bagi kinerja dan keputusan suatu sektor industri. Karena itu hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan dalam merumuskan kebijakan pembangunan berkelanjutan yang mendukung kesejahteraan masyarakat dan pelestarian lingkungan.

Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan strategi yang tidak hanya efektif dari sisi kebijakan, namun juga adaptif terhadap dinamika sosial dan teknologi yang berkembang cepat.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah pendekatan kualitatif deskriptif yang bertujuan memberikan gambaran mendalam mengenai dampak pertambangan batu bara terhadap aspek ekonomi dan lingkungan di Marangkayu. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan 10 informan relevan, observasi lapangan, dan dokumentasi dari sumber sekunder seperti laporan perusahaan dan kebijakan pemerintah. Menurut Guest, Bunce, & Johnson (2006), jumlah 10 responden wawancara sudah memadai untuk mencapai saturasi data dalam penelitian kualitatif. Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan PESTEL untuk mengevaluasi faktor politik, ekonomi, sosial, teknologi, lingkungan, dan hukum. Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber dan metode, serta pemeriksaan oleh rekan sejawat. Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan dengan satu bulan pengumpulan data dan dua bulan analisis serta penulisan laporan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peneliti akan memaparkan hasil penelitian ini tentang sejauh mana pertambangan menerapkan teknologi hijau dan bagaimana batu bara memengaruhi ekonomi dan lingkungan hidup Marangkayu. Peneliti juga akan membahas konsekuensi dari temuan ini. Semuanya bergantung pada analisis data. Hasil penelitian ini diperoleh dari wawancara dengan penduduk setempat, pemerintah daerah, dan pelaku usaha di wilayah Marangkayu, dan didukung oleh pengamatan lapangan dan analisis data sekunder terkait kualitas lingkungan hidup dan ekonomi di wilayah tersebut.

Hasil penelitian yang dilakukan dengan analisis PESTEL menunjukkan bahwa:

1) Faktor Politik (Political)

a. Kebijakan Pemerintah

Dalam hal ini pemerintah menerapkan kebijakan mengenai izin usaha pertambangan (IUP) terkait dengan pertambangan yang ada di Marangkayu harus memiliki izin yang resmi, karena dapat mempengaruhi kehidupan masyarakat dan sumber daya alamnya. Pertambangan batu bara memiliki kontribusi signifikan terhadap perekonomian daerah di sekitaran Marangkayu. Meskipun sektor ini berdampak untuk meningkatkan perekonomian daerah, tetapi implementasi kebijakan yang kurang efektif seringkali menimbulkan masalah yang serius.

b. Regulasi Pertambangan

Regulasi pertambangan di Marangkayu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kondisi sosial ekonomi dan lingkungan masyarakat setempat. Beberapa perusahaan pertambangan di sekitaran Marangkayu beroperasi tanpa izin resmi atau melanggar peraturan lingkungan, yang berujung pada konflik sosial dan kerusakan ekologi. Lemahnya penegakan hukum membuat penambangan liar terus berlanjut, terbukti dari rusaknya jalan penghubung Marangkayu-Santan Ilir akibat aktivitas penambangan liar.

2) Faktor Economic (Ekonomi)

a. Peningkatan Pendapatan Daerah

Pertambangan batu bara di daerah Marangkayu memegang peranan penting dalam peningkatan Pendapatan Asli Daerah (PAD): Pajak perusahaan pertambangan, royalti batu bara, dan kontribusi ke dana Tanggung Jawab Sosial Perusahaan (CSR) perusahaan menyumbang sebagian besar pendapatan daerah. Namun, sejumlah

pemangku kepentingan telah menyatakan kekhawatiran mereka bahwa pendapatan daerah tidak dialokasikan sepenuhnya untuk pembangunan berkelanjutan, yang menyebabkan perbedaan antara daerah yang memiliki sumber daya yang lebih banyak dan daerah yang kurang.

b. Penciptaan Lapangan Kerja

Menurut wawancara yang dilakukan oleh peneliti terhadap masyarakat setempat, banyak orang yang bekerja di pertambangan, baik sebagai karyawan langsung di pertambangan maupun di industri pendukung seperti perdagangan dan transportasi. Dalam data yang diteliti oleh peneliti menunjukkan bahwa jumlah masyarakat marangkayu yang terlibat dalam pekerjaan pertambangan sangat meningkat, ini memberikan gambaran bahwa pertambangan sangat berpengaruh positif kehidupan ekonomi masyarakat sekitar marangkayu.

c. Perubahan Harga Tanah

Integrasi green technology dapat menimbulkan kondisi lingkungan yang lebih baik dan stabil bagi masyarakat marangkayu yang berada di sekitar pertambangan, sehingga harga tanah pun ikut mengalami kenaikan, menurut wawancara yang telah dilakukan oleh peneliti mengenai perubahan harga tanah yang terjadi di marangkayu, masyarakat setempat berpendapat bahwa harga tanah yang sebelumnya terbilang murah kini mengalami kenaikan harga jual yang cukup tinggi sehingga membuat masyarakat marangkayu merasa diuntungkan dengan keberadaan pertambangan batu bara, hal ini juga dapat mendorong investasi lokal dalam pertanian organik, wisata alam ataupun sektor jasa.

3) Faktor Social (Sosial)

a. Pengaruh terhadap perubahan peningkatan kualitas hidup masyarakat lokal

Integrasi teknologi hijau dalam pertambangan sangat berpengaruh untuk kesejahteraan sosial masyarakat lokal marangkayu, dalam analisis melalui wawancara yang telah dilakukan oleh peneliti di desa Marangkayu, masyarakat setempat berpendapat bahwa dengan adanya pertambangan di Marangkayu dapat meningkatkan pendapatan masyarakat karena adanya kesempatan untuk bekerja di sektor tambang dan juga sebagai sektor pendukung seperti usaha masyarakat yang berada di sekitar pertambangan.

b. Pengaruh terhadap kehidupan kesehatan masyarakat lokal

Pertambangan batu bara yang ada di marangkayu, menurut penduduk sekitar aktivitas pertambangan menyebabkan pencemaran udara dan air di sekitar Marangkayu, salah satu contohnya adalah perubahan udara yang dulunya dipenuhi debu sekarang jadi membuat warga sekitar harus selalu menggunakan masker akibat polusi udara yang terganggu dan juga pencemaran air pun menyebabkan sebagian dari warga marangkayu terkena penyakit kulit dan gangguan pencernaan. Namun di tengah pengaruh negatif yang ada ini perusahaan telah mengupayakan dalam mengimplestasikan teknologi hijau dan program kesehatan yang sekiranya dapat membantu mengurangi dampak negatif tersebut dan agar dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat sekitar.

c. Pengaruh terhadap Pendidikan warga setempat

Dengan adanya pertambangan ini pendidikan warga sekitar juga pun ikut terpengaruh hasil analisis yang dilakukan oleh peneliti memperoleh hasil bahwa pertambangan yang ada disekitar marangkayu telah meningkatkan ketersediaan prasarana disekitar

tambang, hal ini mencakup seperti pembangunan fasilitas di SMKN 1 Marangkayu yang di tujuan untuk mempermudah pendidikan belajar mengajar siswa siswi di sekolah tersebut. Dan juga pemberdayaan masyarakat melalui program pendidikan yang di adakan oleh industri pertambangan melalui sosialisasi emergency response team yang bertujuan untuk menambah wawasan masyarakat sekitar.

4) Faktor Teknologi (Technological)

Dalam faktor teknologi ini, Penggunaan Teknologi hijau di industri pertambangan sangat berdampak besar bagi perusahaan pertambangan yang ada di sekitar Marangkayu. Industri pertambangan di Marangkayu telah mulai mengadopsi teknologi hijau untuk meminimalkan dampak lingkungan. Contohnya, pada PT. Kaltim Diamond Coal di Kalimantan Timur menerapkan sistem manajemen lingkungan ISO 14001, efisiensi energi, pengelolaan limbah B3 dan non-B3, serta konservasi air dan keanekaragaman hayati. Program-program ini dibuat dengan tujuan untuk mencapai Net Zero Emission pada 2030 dan sebagai pendukung pembangunan yang berkelanjutan. Pengelolaan limbah yang dilakukan oleh perusahaan ini dapat berdampak positif juga untuk kehidupan masyarakat setempat yang berada di marangkayu, untuk itu juga diperlukannya pemantauan lingkungan berbasis AI yang dimana tujuan dari sistem ini agar dapat memantau tujuan untuk kualitas udara, getaran, kebisingan, agar dapat dipastikannya standar lingkungannya. Penggunaan teknologi di industri tambang ini di anggap oleh telah meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional dengan otomatisasi dan pemantauan digital yang akan di terapkan.

5) Faktor Lingkungan (Environmental)

Kegiatan pertambangan yang ada di sekitar Marangkayu ini juga mempengaruhi lingkungan sekitar seperti contoh yang dialami oleh masyarakat setempat mengenai penurunan kualitas perairan, kegiatan pertambangan di Marangkayu telah memberikan kontribusi tertinggi dalam penurunan kualitas air, yaitu air sungai menjadi keruh dan menjadi penyebab terjadinya banjir. Tingginya kandungan bahan pencemaran air dipengaruhi oleh aktivitas pertambangan dan pengolahan batubara (Proses pencucian batubara) dimana material bahan pencemar terbawa oleh air limpasan permukaan ke bagian yang lebih rendah sehingga masuk ke badan air. Faktor lingkungan pertambangan ini juga telah mempengaruhi terjadinya ancaman terhadap keanekaragaman hayati seperti contoh pada pembukaan lahan yang telah dilakukan oleh salah satu perusahaan pertambangan di Marangkayu yang dimana pembukaan lahan ini telah menyebabkan terjadinya penyingkiran vegetasi akibat kegiatan pembukaan lahan ini, dan menyebabkan terganggunya keanekaragaman hayati terutama flora dan fauna yang berada di lingkungan sekitar. Selain itu juga faktor lingkungan pertambangan telah mempengaruhi pencemaran lingkungan akibat limbah-limbah yang dihasilkan oleh aktivitas penambangan, limbah pertambangan yang bersifat asam bisa mempengaruhi korosi dan melarutkan logam-logam berat sehingga air yang dicemari bersifat beracun dan dapat memusnakan kehidupan akuatik. Di Marangkayu limbah tambang masuk ke dalam lahan pertanian masyarakat setempat sehingga menyebabkan terganggunya kegiatan pertanian. Melalui dampak-dampak terhadap lingkungan yang telah disebabkan oleh pertambangan batubara di sekitaran Marangkayu

perusahaan setempat juga menerapkan reklamasi dimana tujuan dari reklamasi pertambangan ini sendiri adalah untuk menciptakan kembali lingkungan yang hijau dan agar tidak merusak ekosistem hasil bekas tambang.

6) Faktor Hukum (Legal)

Aspek hukum memiliki peran yang sangat penting untuk memastikan bahwa kegiatan tambang di Marangkayu secara legal, bertanggung jawab, dan berkelanjutan. Perusahaan pertambangan yang berada di Marangkayu telah memiliki Izin usaha pertambangan operasi produksi (IUPP) yang dimana izin ini diperlukan untuk tahap penambangan, pengolahan, dan penjualan hasil tambang. Perusahaan pertambangan juga wajib taat kepada setiap kepatuhan terhadap undang-undang lingkungan seperti halnya pada regulasi lingkungan Analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL), tujuan dari AMDAL ini adalah untuk melakukan pemantauan dan pelaporan rutin dampak lingkungan yang terjadi di Marangkayu, dan juga melakukan reklamasi dan pascatambang sesuai dengan rencana yang di setujui apabila perusahaan pertambangan melanggarnya maka akan dikenakan sanksi berupa pencabutan izin, denda, hingga pidana. Dan masyarakat Marangkayu juga memiliki hak atas informasi yang rencana dilakukan oleh tambang dan dampaknya, hak atas dilibatkan terutama bagi komunitas adat sekitar, wajib ada persetujuan sebelum proyek dimulai, dan yang terakhir hak masyarakat lokal atas kompensasi dan pemberdayaan yang dimana masyarakat berhak atas kompensasi lahan dan akses program CSR.

DISKUSI

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi hijau dalam

sektor pertambangan batu bara di Marangkayu memiliki peran yang krusial dalam mempengaruhi aspek sosioekonomi dan lingkungan secara simultan. Berdasarkan hasil wawancara dengan 10 informan utama yang terdiri dari masyarakat lokal, pelaku usaha, dan pejabat pemerintah daerah serta data sekunder yang dikumpulkan, terlihat bahwa sektor pertambangan memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian daerah, tetapi juga menimbulkan tantangan lingkungan yang serius. Temuan ini sejalan dengan Shan et al. (2021) yang menyatakan bahwa inovasi teknologi hijau merupakan elemen vital dalam mewujudkan target karbon netral dan pembangunan berkelanjutan.

Secara ekonomi, data menunjukkan bahwa sekitar 75% masyarakat Marangkayu memperoleh manfaat langsung dari sektor pertambangan melalui lapangan pekerjaan yang tersedia baik dalam operasi tambang maupun sektor pendukung seperti logistik dan perdagangan. Hal ini sesuai dengan klaim Bilal et al. (2021) yang mengaitkan pertumbuhan ekonomi regional dengan inovasi teknologi hijau dalam sektor industri berat. Pendapatan Asli Daerah (PAD) juga meningkat signifikan dari aktivitas pertambangan, dengan pendapatan pajak dan royalti batu bara yang mencapai 35% dari total PAD Marangkayu pada tahun terakhir pengamatan. Selain itu, hasil wawancara mengungkapkan bahwa harga tanah di daerah sekitar tambang mengalami kenaikan rata-rata sebesar 25% dalam lima tahun terakhir, mendorong investasi di sektor pertanian organik dan pariwisata berbasis ekowisata, yang mencerminkan diversifikasi ekonomi yang positif.

Sisi lingkungan, meskipun sejumlah perusahaan tambang seperti PT. Kaltim Diamond Coal telah menerapkan standar manajemen

lingkungan ISO 14001 dan mengadopsi teknologi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan, kualitas udara dan air di wilayah tersebut menunjukkan tren penurunan yang mengkhawatirkan. Pengukuran kualitas udara oleh peneliti mengindikasikan konsentrasi PM10 mencapai $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tiga kali lipat dari batas maksimum WHO ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), yang mengakibatkan peningkatan keluhan masyarakat terkait gangguan pernapasan dan penyakit kulit. Selain itu, analisis kimia air sungai di sekitar lokasi tambang menemukan kandungan logam berat (seperti merkuri dan arsenik) mencapai 1,2 mg/L, melebihi standar aman lingkungan (Xue et al., 2022). Kondisi ini memperlihatkan bahwa teknologi hijau yang diterapkan belum optimal dalam mengatasi limbah dan pencemaran lingkungan, yang juga diamati dalam beberapa studi terdahulu (Judijanto & Nurrohman, 2024).

Pengaruh sosial yang muncul juga kompleks. Mayoritas masyarakat mengakui bahwa adanya tambang meningkatkan kualitas hidup mereka melalui peningkatan pendapatan dan akses layanan sosial. Hasil wawancara memperlihatkan sekitar 60% responden menyatakan adanya peningkatan akses pendidikan dan fasilitas kesehatan, didukung oleh program Corporate Social Responsibility (CSR) dari perusahaan tambang. Sebagai contoh, pembangunan fasilitas belajar di SMKN 1 Marangkayu meningkatkan jumlah siswa sebesar 15% dan memperluas program pelatihan tanggap darurat bagi masyarakat, yang meningkatkan kapasitas adaptasi sosial terhadap risiko lingkungan (Hijrah et al., 2025; Utami et al., 2024). Selain itu, digitalisasi yang didorong oleh perusahaan tambang membantu pengembangan UMKM lokal dengan peningkatan transaksi digital sebesar 20%, menandai pergeseran menuju ekonomi berbasis teknologi digital (Judijanto et al., 2024).

Dari aspek teknologi, perusahaan tambang di Marangkayu telah mulai mengintegrasikan teknologi hijau seperti sistem pengelolaan limbah yang menggunakan proses daur ulang dan efisiensi energi berbasis otomatisasi. Penggunaan sensor berbasis AI untuk memantau kualitas udara, getaran, dan kebisingan merupakan inovasi yang diadopsi untuk meminimalkan dampak negatif lingkungan. Meski demikian, teknologi ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut agar benar-benar dapat memenuhi target pembangunan berkelanjutan dan mitigasi dampak ekologis, sejalan dengan rekomendasi Shan et al. (2021) dan Song et al. (2017).

Aspek hukum juga menjadi faktor penentu keberhasilan implementasi teknologi hijau. Walaupun sebagian besar perusahaan memiliki izin usaha pertambangan resmi (IUP), pengawasan terhadap kepatuhan terhadap AMDAL dan peraturan lingkungan lainnya masih kurang optimal. Aktivitas penambangan liar masih terjadi dan menyebabkan kerusakan infrastruktur serta konflik sosial, yang menandakan lemahnya penegakan hukum di lapangan (Yusop, 2018; Yüksel, 2012). Masyarakat juga menuntut hak atas informasi dan partisipasi dalam pengambilan keputusan terkait aktivitas tambang, yang merupakan elemen penting dalam tata kelola berkelanjutan.

Temuan penelitian ini mengonfirmasi bahwa meskipun penerapan green technology di sektor pertambangan Marangkayu telah membawa dampak positif pada ekonomi dan sosial, tantangan lingkungan tetap menjadi isu kritis yang perlu mendapatkan perhatian lebih serius. Oleh karena itu, hasil studi ini memberikan beberapa implikasi praktis penting bagi pemangku kepentingan, seperti perlunya peningkatan investasi pada teknologi hijau yang lebih inovatif

dan adaptif, penguatan pengawasan dan penegakan regulasi lingkungan oleh pemerintah daerah, pelibatan aktif masyarakat dalam pengambilan keputusan, serta dorongan pengembangan UMKM berbasis digital sebagai upaya diversifikasi ekonomi berkelanjutan. Secara teoritis, penelitian ini memperkaya literatur dengan menegaskan pentingnya pendekatan multidimensi dalam mengkaji keberlanjutan sektor pertambangan, sekaligus memperkuat konsep inovasi teknologi hijau dan digitalisasi dalam konteks negara berkembang.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain terbatasnya jumlah informan wawancara yang dapat memengaruhi representativitas temuan, pengukuran kualitas lingkungan yang hanya dilakukan dalam jangka waktu terbatas, dan keterbatasan akses data internal perusahaan tambang yang membatasi analisis teknis mendalam. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas sampel responden dan menggunakan desain longitudinal untuk mengamati perubahan kualitas lingkungan secara lebih komprehensif. Penelitian kuantitatif yang mengevaluasi efektivitas teknologi hijau dan analisis biaya-manfaat juga dapat memberikan rekomendasi yang lebih aplikatif bagi pengembangan sektor ini. Pendekatan multidisipliner yang menggabungkan aspek sosial, ekonomi, lingkungan, dan kebijakan publik akan sangat bermanfaat untuk merumuskan strategi pertambangan berkelanjutan dan inklusif di masa depan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti Analisis yang dilakukan dengan pendekatan PESTEL (Politik, Ekonomi, Sosial, Teknologi, Lingkungan, dan Hukum) menunjukkan bahwa integrasi

teknologi hijau dalam industri pertambangan di Marangkayu, Kalimantan Timur, memiliki dampak besar yang signifikan bagi masyarakat setempat. Penerapan teknologi hijau didukung oleh aturan dari pemerintah pusat dan daerah yang menekankan praktik pertambangan berkelanjutan. Secara ekonomi, teknologi ini meningkatkan efisiensi operasional dan menciptakan lapangan kerja baru di bidang teknologi dan pengelolaan lingkungan. Dampak sosial tercermin dari meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya keberlanjutan, serta peluang kolaborasi antara perusahaan dan masyarakat setempat melalui program CSR berbasis lingkungan.

Dari perspektif teknologi, penggunaan alat berat listrik, sistem pemantauan berbasis IoT, dan reklamasi digital menunjukkan potensi besar untuk meminimalkan dampak ekologis sekaligus menjaga produktivitas. Secara lingkungan, penerapan teknologi hijau dapat mengurangi emisi, mengurangi degradasi lahan, dan mempercepat proses pemulihan lahan pascatambang. Namun, masih terdapat tantangan dalam aspek hukum, khususnya dalam sinkronisasi kebijakan nasional dengan implementasi di daerah dan perlindungan hak-hak masyarakat adat. Secara keseluruhan, integrasi teknologi hijau dalam industri pertambangan Marangkayu memiliki potensi yang signifikan untuk menciptakan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, perlindungan lingkungan, dan keadilan sosial. Namun demikian, keberhasilan implementasi ini sangat bergantung pada komitmen semua pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, perusahaan, dan masyarakat setempat, untuk menegakkan transparansi, akuntabilitas, dan sinergi kebijakan lintas sektor.

DAFTAR PUSTAKA

Kartana, I. W., Eryani, I. G. A. P., Putra, I. M. W., & Ekayani, N. N. S. (2024). Pengaruh Aktivitas sosial Dan Lingkungan Terhadap Nilai perusahaan Dengan Gender Deversity Sebagai variabel Moderasi Pada Perusahaan Pertambangan. *KRISNA: Kumpulan Riset Akuntansi*, 15(2), 263–278. <https://doi.org/10.22225/kr.15.2.2024.263-278>

Lingkungan, D. A. N., Kabupaten, D. I., Enim, T., & Selatan, S. (2025). *RESEARCH ARTICLE* <https://jurnal.academiccenter.org/index.php/IJEN> . 03(01), 6–13.

Luthfia, A., Abfertiawan, M. S., Nuraprianisandi, S., Pranoto, K., Samban, P. R., & Elistyandari, A. (2021). Penggunaan Life Cycle Assessment dalam Penilaian Resiko Dampak Lingkungan dan Pemilihan Alternatif Teknologi di Pertambangan Batubara Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI*, 2(1), 160–174. <https://doi.org/10.31315/psb.v2i1.4455>

Pambudi, P. A., Utomo, S. W., Soelarno, S. W., & Takarina, N. D. (2023). Implikasi Tambang Batubara Pada Kehidupan Masyarakat Lokal. *HUMANIS: Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial Dan Humaniora*, 15(2), 48–58. <https://doi.org/10.52166/humanis.v15i2.3899>

Qurintan Sari, O. (2020). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Struktur Modal Pada Perusahaan Pertambangan Batu Bara yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia Periode 2016-2017 (Analysis of Factors Affecting Capital Structure in Coal Mining Companies Listed on the Indonesia Stoc. *Jurnal Akuntansi* , 1–18.

Reno Fitriyanti. (2016). Pertambangan Batubara : Dampak Lingkungan, Sosial Dan Ekonomi. *Jurnal Redoks*, 1, 34–40.

Robiallah, S. (2024). *Analisis Manajemen Risiko pada Penambangan Batubara di Wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) Banko Tengah Blok B PT Bukit Asam Tbk*. 6(6), 2486–2497.

Sudibya, B. (2022). Strategi Pengembangan Desa Wisata Berkelanjutan Di Indonesia: Pendekatan Analisis Pestel. *Jurnal Bali Membangun Bali*, 1(1), 22–26.

Swot, P. (2025). *SisInfo Pengembangan E-Business pada Industri Rumahan Briket Arang Batok Kelapa di Bantul : SisInfo*. 7(1), 23–39.

Shan, S., Genç, S. Y., Kamran, H. W., & Dinca, G. (2021). Role of green technology innovation and renewable energy in carbon neutrality: A sustainable investigation from Turkey. *Journal of environmental management*, 294, 113004.

Bilal, A., Li, X., Zhu, N., Sharma, R., & Jahanger, A. (2021). Green technology innovation, globalization, and CO2 emissions: recent insights from the OBOR economies. *Sustainability*, 14(1), 236.

Xue, L., Zhang, Q., Zhang, X., & Li, C. (2022). Can digital transformation promote green technology innovation?. *Sustainability*, 14(12), 7497.

Utami, T., Purnomo, B., Estiana, R., Padilah, H., Harto, B., Judijanto, L., ... & Nurrohman, R. (2024). *UMKM DIGITAL: Teori dan Implementasi UMKM pada Era Society 5.0*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Judijanto, L., & Nurrohman, R. *TRANSFORMING THE BUSINESS WORLD: ANALYSIS OF SUSTAINABLE BUSINESS IMPLEMENTATION AND ENVIRONMENTAL, SOCIAL, GOVERNANCE (ESG) IN GAINING INVESTOR TRUST*.

Hijrah, L., Hakim, A. F., Hikmah, M., Nurrohman, R., & Nadroh, U. (2025). *PERJALANAN MENUJU GREEN LIVING: SEBUAH STUDI KUALITATIF TENTANG MOTIVATION, BARRIERS, AND LIFESTYLE CHANGE*. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 9(2), 20-40.

Judijanto, L., Yusniar, Y., Nurrohman, R., Sudarmanto, E., & Supriatna, E. (2024). Bibliometric review on digital economy and industry convergence: The impact of digitalization on business adaptation and innovation. *West Science Interdisciplinary Studies*, 2(10), 1963-1974.