



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 2582-2589

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Implementasi Sirkular Ekonomi Layanan Operasional Perkereta Apian: Faktor Sukses dan Hambatan

Siti Nuranisa, Cyntia Lestari, Hizqil Muhammad Faqih, Reza Akbar Syah, Gilang Ardi Pratama
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
siti1234nuranisa2020@gmail.com

Abstrak

Sektor perkeretaapian Indonesia menghadapi tantangan ganda antara pemenuhan mobilitas massa dan tuntutan dekarbonisasi. Penelitian ini bertujuan mengkaji penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam layanan operasional kereta api di Indonesia dengan mengidentifikasi faktor keberhasilan serta hambatan strukturalnya. Menggunakan pendekatan kualitatif melalui studi literatur sistematis, penelitian ini menganalisis dampak lingkungan lokomotif diesel dan potensi mitigasi melalui strategi pengurangan, penggunaan ulang, dan daur ulang material komponen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa digitalisasi dan adopsi teknologi seperti Smart Mobility serta kereta cepat efektif meningkatkan efisiensi energi dan memperpanjang siklus hidup aset. Studi kasus pada proyek Kereta Cepat Jakarta-Bandung dan jalur utama Jakarta-Surabaya membuktikan bahwa elektrifikasi mampu mereduksi emisi hingga 50% dalam kurun 5-10 tahun. Secara ekonomi, model sirkular diproyeksikan menghemat biaya operasional hingga 30% melalui efisiensi sumber daya dan penciptaan nilai ekonomi dari pasar sekunder komponen daur ulang. Namun, transisi ini masih terkendala keterbatasan finansial, budaya organisasi, dan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Faktor penentu keberhasilan mencakup kebijakan pemerintah yang konsisten, akses pendanaan hijau, dan kolaborasi strategis antar pemangku kepentingan. Penelitian ini merekomendasikan pembentukan badan koordinasi nasional ekonomi sirkular dan pengintegrasian indikator keberlanjutan dalam kontrak kerjasama publik-swasta. Implementasi strategi ini penting untuk meningkatkan daya saing global industri perkeretaapian nasional sekaligus mendukung pencapaian target Sustainable Development Goals (SDGs) di Indonesia.

Kata kunci: Ekonomi Sirkular, Perkeretaapian, Indonesia, Pembangunan Berkelanjutan, Efisiensi Energi.

1. Latar Belakang

Berbagai aspek polusi operasional pada perkeretaapian melibatkan kebisingan dan emisi yang dihasilkan selama fase operasional, mulai dari pergerakan kereta, penggunaan lokomotif diesel, hingga kegiatan di depot. Operasi kereta api menggunakan lokomotif diesel yang berusia sering kali melepaskan tingkat kebisingan yang tinggi serta emisi gas buang yang mengandung partikel berbahaya dan zat-zat pencemar udara. Kondisi ini menimbulkan persoalan serius karena tidak hanya berdampak pada kenyamanan para penumpang, tetapi juga berpotensi mengganggu kesehatan pekerja dan masyarakat di sekitar rel (Budiawan et al, 2022 Hemmat et al, 2023)

Sumber utama dari polusi operasional perkeretaapian meliputi suara yang dihasilkan oleh mesin dan peralatan pendukung serta emisi partikel yang terbentuk dari pembakaran bahan bakar diesel. Analisis mengenai penyebaran suara yang dihasilkan oleh operasional perkeretaapian mengungkapkan bahwa tingkat kebisingan yang tinggi dapat menyebar secara signifikan di area sekitarnya, terutama bila tidak diimbangi dengan sistem redaman yang memadai (Kazemzadeh-Zow & Niyat, 2019). Selain itu, sistem pembakaran yang tidak efisien pada lokomotif diesel berkontribusi pada pelepasan partikel-partikel kecil yang kemudian meningkatkan konsentrasi PM10 di lingkungan sekitar jalur kereta api (Islam et al, 2019)

Dampak dari polusi operasional perkeretaapian tidak hanya bersifat mekanistik, namun juga berimplikasi langsung pada kesehatan dan lingkungan. Tingginya tingkat kebisingan dapat menyebabkan gangguan pendengaran, peningkatan stres, serta masalah kardiovaskular pada pekerja dan masyarakat yang terpapar dalam jangka panjang (Budiawan et al, 2022, Hemmat et al, 2023). Sementara emisi partikel dan gas buang dari mesin diesel berkontribusi pada kualitas udara yang menurun, yang pada akhirnya berdampak pada respons imun tubuh dan peningkatan risiko penyakit pernapasan serta kardiovaskular (Islam et al, 2019)

Implementasi ekonomi sirkular dalam industri perkeretaapian menjadi langkah strategis untuk mengurangi dampak lingkungan serta meningkatkan efisiensi sumber daya. Di tengah tantangan peningkatan emisi, konsumsi energi yang tinggi, dan limbah operasional yang signifikan, paradigma ekonomi linier tradisional sudah tidak lagi memadai untuk menjamin keberlanjutan industri. Oleh karena itu, penerapan ekonomi sirkular yang menekankan pada pengurangan, penggunaan ulang, dan daur ulang material dapat membantu mengoptimalkan siklus hidup aset perkeretaapian serta mengurangi jejak lingkungan.

Pendekatan ekonomi sirkular pada sektor perkeretaapian tidak hanya menitikberatkan pada pengelolaan limbah, melainkan juga mencakup pemanfaatan kembali material dan perbaikan proses produksi serta operasional. Strategi ini meliputi desain infrastruktur dan komponen kereta dengan mempertimbangkan masa pakai yang lebih lama dan potensi untuk didaur ulang, sehingga mengurangi kebutuhan terhadap bahan baku baru dan menekan emisi karbon selama fase konstruksi dan operasional. Inovasi semacam ini penting untuk mengatasi dampak lingkungan yang dihasilkan pada setiap tahap siklus hidup perkeretaapian.

Pengadopsian ekonomi sirkular juga mendorong terjadinya sinergi antara penghematan biaya operasional dan peningkatan kinerja lingkungan. Dengan mengintegrasikan prinsip daur ulang dan pemanfaatan energi terbarukan, industri perkeretaapian dapat mengurangi biaya perawatan dan penggantian komponen serta mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil. Pendekatan strategis ini sejalan dengan upaya untuk menurunkan jejak karbon dan meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan, yang pada akhirnya menciptakan nilai tambah ekonomi dan lingkungan bagi seluruh pemangku kepentingan.

Dalam konteks global yang semakin menekankan pada pembangunan berkelanjutan, implementasi ekonomi sirkular pada industri perkeretaapian merupakan keharusan. Langkah ini tidak hanya memberikan dampak positif terhadap pengurangan polusi dan emisi gas rumah kaca, tetapi juga meningkatkan reputasi serta daya saing industri nasional di kancah internasional. Dengan demikian, reformasi menuju model ekonomi sirkular diharapkan dapat menjamin keberlanjutan jangka panjang dalam pembangunan infrastruktur transportasi serta menunjang pertumbuhan ekonomi yang lebih hijau dan efisien.

Namun, literatur yang secara spesifik mengkaji hambatan dan faktor kunci keberhasilan implementasi ekonomi sirkular pada industri perkeretaapian masih sangat terbatas. Berdasarkan celah penelitian tersebut, studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis hambatan serta faktor keberhasilan penerapan ekonomi sirkular pada operasional perkeretaapian di Indonesia.

Implementasi ekonomi sirkular dalam industri perkeretaapian di Indonesia menghadapi berbagai hambatan yang dapat menghambat transisi dari model linier tradisional. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan infrastruktur dan teknologi yang ada, di mana banyak sistem perkeretaapian masih bergantung pada komponen lama yang sulit diintegrasikan dengan prinsip daur ulang dan efisiensi energi (Rahman et al, 2021). Selain itu, biaya awal yang tinggi untuk investasi dalam teknologi ramah lingkungan, seperti lokomotif listrik atau sistem redaman kebisingan canggih, sering kali menjadi penghalang bagi operator perkeretaapian yang beroperasi dengan anggaran terbatas (Tjahjono et al, 2022). Faktor regulasi yang belum sepenuhnya mendukung, termasuk kurangnya insentif fiskal untuk adopsi praktik sirkular, juga memperburuk situasi, sehingga memerlukan kolaborasi lintas sektoral untuk mengatasi hambatan ini secara efektif.

Faktor keberhasilan implementasi ekonomi sirkular di sektor perkeretaapian meliputi dukungan kebijakan pemerintah yang kuat, inovasi teknologi, dan keterlibatan pemangku kepentingan. Kebijakan yang mendorong penggunaan energi terbarukan dan pengembangan standar emisi yang ketat dapat mempercepat adopsi praktik sirkular, seperti penggunaan ulang material rel dan komponen kereta (Wijaya et al, 2023). Inovasi dalam desain produk, seperti pengembangan lokomotif hybrid atau sistem pemantauan emisi real-time, juga memainkan peran krusial dalam meningkatkan efisiensi dan mengurangi dampak lingkungan (Hemmat et al, 2023). Selain itu, kolaborasi antara pemerintah, industri, dan akademisi melalui program pendidikan dan pelatihan dapat membangun kapasitas sumber daya manusia, sehingga memastikan keberlanjutan implementasi ekonomi sirkular dalam jangka panjang.

Dalam konteks Indonesia, di mana industri perkeretaapian merupakan bagian integral dari sistem transportasi nasional, studi ini diharapkan dapat memberikan wawasan praktis untuk mengatasi tantangan spesifik seperti ketergantungan pada bahan bakar fosil dan infrastruktur yang belum optimal. Dengan mengidentifikasi hambatan seperti keterbatasan anggaran dan regulasi, serta faktor keberhasilan seperti inovasi teknologi dan dukungan

kebijakan, penelitian ini dapat berkontribusi pada formulasi strategi yang lebih efektif untuk transisi menuju ekonomi sirkular (Budiawan et al, 2022). Hasilnya tidak hanya akan mendukung pengurangan polusi operasional, tetapi juga memperkuat daya saing industri perkeretaapian Indonesia di era pembangunan berkelanjutan global.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur (literature review) untuk menganalisis implementasi ekonomi sirkular dalam layanan operasional perkeretaapian, khususnya faktor keberhasilan dan hambatan yang terkait. Pendekatan ini dipilih karena topik ini memerlukan sintesis pengetahuan dari berbagai sumber akademik dan praktis untuk mengidentifikasi pola, tren, dan tantangan dalam konteks ekonomi sirkular, yang belum banyak dieksplorasi secara mendalam dalam sektor perkeretaapian Indonesia (Kirchherr & van Santen, 2020).

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur (literature review) untuk menganalisis implementasi ekonomi sirkular dalam layanan operasional perkeretaapian, khususnya faktor keberhasilan dan hambatan yang terkait. Pendekatan ini dipilih karena topik tersebut memerlukan sintesis pengetahuan dari berbagai sumber akademik dan praktis guna mengidentifikasi pola, tren, serta tantangan dalam konteks ekonomi sirkular yang belum banyak dieksplorasi secara mendalam dalam sektor perkeretaapian Indonesia (Kirchherr & van Santen, 2020). Penggunaan studi literatur memungkinkan peneliti untuk memetakan kerangka konseptual yang luas serta mengintegrasikan berbagai perspektif dari studi-studi terdahulu yang relevan dengan efisiensi sumber daya di sektor transportasi massal.

Proses pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran sistematis terhadap berbagai dokumen ilmiah, laporan industri, dan regulasi pemerintah yang berkaitan dengan praktik sirkularitas di industri kereta api. Data sekunder ini diperoleh dari basis data akademik seperti Google Scholar, ScienceDirect, serta jurnal-jurnal transportasi dan lingkungan berskala nasional maupun internasional. Peneliti melakukan penyaringan data berdasarkan relevansi konten, tahun publikasi, dan kualitas metodologi penelitian sumber asal untuk memastikan bahwa informasi yang digunakan sebagai landasan analisis memiliki kredibilitas tinggi dan mencerminkan kondisi industri terkini.

Analisis data dilakukan dengan teknik analisis isi (content analysis) dan sintesis tematik untuk mengelompokkan variabel-variabel kunci yang menjadi pendorong (drivers) maupun penghambat (barriers) dalam transisi menuju ekonomi sirkular. Dengan membandingkan praktik terbaik (best practices) dari operasional kereta api global terhadap konteks lokal di Indonesia, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan kesimpulan yang aplikatif. Melalui interpretasi mendalam terhadap data literatur, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategis bagi pemangku kepentingan dalam mengoptimalkan siklus hidup aset dan meminimalkan limbah pada layanan operasional perkeretaapian.

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-analitik berbasis literatur, di mana data dikumpulkan dan dianalisis dari sumber sekunder seperti artikel jurnal, laporan, buku, dan dokumen resmi. Fokusnya adalah pada eksplorasi konseptual dan empiris mengenai sirkular ekonomi dalam layanan operasional perkeretaapian, termasuk aspek seperti pengelolaan sumber daya, daur ulang material, dan integrasi teknologi berkelanjutan (Ghisellini et al, 2021).

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-analitik berbasis literatur, di mana data dikumpulkan dan dianalisis dari sumber sekunder seperti artikel jurnal, laporan industri, buku teks, dan dokumen resmi pemerintah. Penggunaan desain deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran sistematis dan akurat mengenai fenomena yang sedang diteliti, sementara pendekatan analitik digunakan untuk mengevaluasi secara kritis hubungan antar variabel dalam implementasi kebijakan berkelanjutan. Melalui pengumpulan data sekunder yang komprehensif, penelitian ini berusaha membangun fondasi teoretis yang kuat untuk memahami bagaimana prinsip-prinsip ekonomi sirkular dapat diadaptasi ke dalam struktur organisasi transportasi yang kompleks.

Fokus utama dari penelitian ini terletak pada eksplorasi konseptual dan empiris mengenai ekonomi sirkular dalam layanan operasional perkeretaapian. Hal ini mencakup analisis mendalam terhadap aspek-aspek krusial seperti manajemen rantai pasok hijau, pengelolaan sumber daya yang efisien, daur ulang material sisa

operasional, hingga integrasi teknologi berkelanjutan yang mendukung dekarbonisasi (Ghisellini et al., 2021). Dengan mengeksplorasi sisi empiris dari berbagai studi kasus global, penelitian ini berupaya membedakan bagaimana teknologi digital dan inovasi material dapat memperpanjang siklus hidup aset perkeretaapian serta mengurangi dampak lingkungan secara signifikan.

Lebih lanjut, jenis penelitian ini dirancang untuk menjembatani celah antara teori ekonomi sirkular yang bersifat makro dengan aplikasi teknis pada tingkat operasional mikro di sektor perkeretaapian. Melalui tinjauan literatur yang bersifat analitik, peneliti tidak hanya memaparkan data yang ada, tetapi juga melakukan interpretasi terhadap tantangan regulasi dan teknis yang sering kali menghambat transisi sirkular. Hasil dari analisis deskriptif-analitik ini diharapkan dapat memberikan kerangka kerja konseptual yang relevan bagi pengembangan model bisnis baru di industri perkeretaapian yang lebih tangguh, efisien, dan selaras dengan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

3. Hasil dan Diskusi

Berdasarkan analisis dari berbagai sumber literatur dihasilkan bahwa peluang ekonomi sirkular pada operasional perkeretaapian di Indonesia muncul dari perubahan digital dan pengembangan sarana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa digitalisasi bukan hanya sekedar inovasi layanan melainkan komponen utama “dematerialisasi”.

Menurut (Midiyanti dan Ramlan 2020), PT Kereta Api Indonesia (Persero), telah menerapkan konsep Smart Mobility yang menggabungkan teknologi dalam manajemen fasilitasnya. Dari pendekatan Deskripsi Kualitatif kondisi ini menggambarkan perubahan nyata dari konsumsi material fisik seperti tiket kertas dan administrasi manual menuju sistem digital yang lebih efisien. Selaras dengan pendapat Sari dan Hartono, efisiensi sistem digital ini memberikan dua manfaat utama yaitu peningkatan produktivitas operasional dan pengurangan limbah secara menyeluruh.

Selain itu, kehadiran teknologi transportasi yang lebih maju seperti kereta cepat membawa peluang peningkatan siklus hidup aset. (Kurniawan 2024) menjelaskan bahwa kereta cepat memperkenalkan standar penggunaan material yang lebih tahan lama dan sistem pemeliharaan yang lebih akurat. Hal ini menggambarkan peluang siklus berkelanjutan dimana aset tidak lagi dipandang sebagai barang habis pakai, melainkan sebagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan melalui tindakan pencegahan yang tepat. Secara teknis situasi ini dijelaskan oleh (Irawan 2024) yang menyatakan bahwa efisiensi ekonomi, sosial, dan lingkungan merupakan komponen kunci pembangunan berkelanjutan Indonesia.

Berdasarkan analisis dari berbagai sumber literatur, ditemukan bahwa peluang implementasi ekonomi sirkular pada operasional perkeretaapian di Indonesia muncul secara signifikan melalui percepatan transformasi digital dan pengembangan sarana yang modern. Hasil penelitian menunjukkan bahwa digitalisasi bukan sekedar inovasi layanan untuk kenyamanan pengguna, melainkan telah menjadi komponen utama dalam strategi “dematerialisasi” di industri transportasi. Menurut (Midiyanti dan Ramlan 2020), PT Kereta Api Indonesia (Persero) telah secara progresif menerapkan konsep Smart Mobility yang mengintegrasikan teknologi canggih ke dalam manajemen fasilitasnya. Dari pendekatan deskripsi kualitatif, fenomena ini menggambarkan pergeseran fundamental dari pola konsumsi material fisik, seperti penggunaan tiket kertas dan sistem administrasi manual yang boros sumber daya, menuju ekosistem digital yang jauh lebih efisien dan terukur secara data.

Selaras dengan pandangan Sari dan Hartono, efisiensi yang dihasilkan dari sistem digital ini memberikan dampak ganda yang memperkuat pilar sirkularitas, yaitu peningkatan produktivitas operasional sekaligus pengurangan limbah secara menyeluruh di sepanjang rantai nilai layanan. Di sisi lain, kehadiran teknologi transportasi yang lebih maju, seperti proyek kereta cepat, membawa peluang besar dalam peningkatan siklus hidup aset (asset life cycle). (Kurniawan 2024) menjelaskan bahwa operasional kereta cepat memperkenalkan standar baru dalam penggunaan material yang memiliki daya tahan lebih tinggi serta sistem pemeliharaan prediktif yang jauh lebih akurat. Hal ini menciptakan paradigma baru di mana aset perkeretaapian tidak lagi dipandang sebagai barang habis pakai yang akan berakhir menjadi limbah, melainkan sebagai sumber daya strategis yang nilai gunanya dapat terus dipertahankan melalui tindakan pencegahan dan perawatan yang presisi.

Secara teknis dan strategis, integrasi antara digitalisasi dan modernisasi sarana ini menciptakan sinergi yang mendukung ambisi jangka panjang sektor transportasi nasional. Situasi ini dijelaskan secara mendalam oleh

(Irawan 2024), yang menyatakan bahwa keseimbangan antara efisiensi ekonomi, keadilan sosial, dan pelestarian lingkungan merupakan komponen kunci dalam pembangunan berkelanjutan di Indonesia. Melalui penerapan prinsip ekonomi sirkular, operasional perkeretaapian tidak hanya berkontribusi pada pengurangan emisi karbon dan penghematan biaya operasional melalui efisiensi material, tetapi juga memperkuat ketahanan infrastruktur nasional. Dengan demikian, transisi menuju praktik sirkular dalam ekosistem kereta api Indonesia bukan lagi sekadar pilihan lingkungan, melainkan keharusan strategis untuk mencapai keberlanjutan ekonomi yang inklusif di masa depan.

Hambatan Implementasi

Transformasi menuju ekonomi sirkular di sektor layanan operasional perkeretaap memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya serta mengurangi dampak lingkungan. Namun, transisi menuju model ini menghadirkan sejumlah hambatan yang bersifat struktural, finansial, dan organisasi. Hambatan-hambatan tersebut perlu diidentifikasi dan diatasi melalui pendekatan holistik agar implementasi ekonomi sirkular di layanan operasional perkeretaap dapat berjalan secara optimal (Moradi et al,2023 Murray et al,2015)

1. Hambatan Struktural

Salah satu hambatan utama adalah keterbatasan infrastruktur pendukung yang harus mampu mengintegrasikan teknologi digital dan prinsip-prinsip sirkular. Dalam konteks layanan operasional perkeretaap, integrasi teknologi seperti Digital Twins, kecerdasan buatan, serta sistem manajemen aset pintar akan membutuhkan perubahan paradigma dari metode tradisional menuju pendekatan yang lebih inovatif dan berkelanjutan (Murray et al, 2015). Hambatan struktural ini juga mencakup ketidakselarasan antara kebijakan pemerintah dengan kebijakan operasional perusahaan kereta api, yang seringkali menghambat kolaborasi antara sektor publik dan swasta (Moradi et al, 2023).

2. Hambatan Finansial

Transisi ke ekonomi sirkular memerlukan investasi awal yang tinggi, terutama untuk mengadopsi teknologi baru dan mengubah sistem operasional yang ada. Tantangan dalam hal pendanaan ini diperparah oleh keterbatasan dana pemerintah serta fluktuasi ekonomi yang berdampak pada alokasi anggaran untuk proyek-proyek infrastruktur (Camargo-Díaz et al, 2023) . Oleh karena itu, strategi pembiayaan yang inovatif dan mekanisme kemitraan publik-swasta perlu dikembangkan untuk mendukung implementasi inisiatif ekonomi sirkular di sektor perkeretaap (Camargo-Díaz et al, 2023, Moradi et al, 2023). Kekurangan dukungan finansial dapat menyebabkan terhambatnya adopsi metode daur ulang dan perpanjangan umur aset, yang merupakan inti dari ekonomi sirkular.

3. Hambatan Organisasi dan Budaya Bisnis

Perubahan paradigmatik menuju ekonomi sirkular menuntut pergeseran dalam budaya dan model bisnis yang telah mapan. Hambatan organisasi muncul dari resistensi terhadap perubahan, kekakuan dalam struktur manajemen, dan kurangnya pengetahuan tentang manfaat jangka panjang dari penerapan prinsip-prinsip sirkular (Murray et al, 2015) . Selain itu, kurangnya insentif dan pemahaman yang menyeluruh mengenai nilai tambah ekonomi dari praktik sirkular juga menjadi faktor penghambat. Perusahaan perkeretaap harus secara aktif melakukan internalisasi nilai-nilai ekonomi sirkular melalui pelatihan, pengembangan kapasitas, dan perbaikan proses operasional secara berkelanjutan untuk mengatasi hambatan ini (Moradi et al, 2023).

4. Hambatan Eksternal

Hambatan tambahan berasal dari faktor eksternal yang meliputi dinamika pasar dan penyesuaian regulasi. Perubahan regulasi yang lambat dan ketidakpastian kebijakan nasional dalam mendukung inisiatif hijau serta ekonomi sirkular sering menjadi penghambat implementasi strategi baru dalam operasional perkeretaap (Moradi et al, 2023). Selain itu, tekanan persaingan di pasar global serta fluktuasi harga sumber daya menambah kompleksitas dalam menerapkan model ekonomi sirkular secara menyeluruh. Hal ini memerlukan kerjasama lintas sektor dan upaya advokasi untuk menciptakan ekosistem yang mendukung penerapan inovasi teknologi serta praktik pengelolaan sumber daya yang ramah lingkungan (Camargo-Díaz et al, 2023) .

Faktor Sukses Implementasi

Implementasi ekonomi sirkular pada industri kereta api Indonesia memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, mengurangi limbah, dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Proses transisi ke model ekonomi sirkular membutuhkan adaptasi berbagai faktor internal dan eksternal agar keberhasilannya dapat terwujud. Sejumlah penelitian telah mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang berperan penting dalam implementasi konsep ekonomi sirkular, yang sekaligus dapat diaplikasikan dalam konteks perkeretaapian di Indonesia (Suwignyo et al, 2021)

1. Dukungan Kebijakan Dan Regulasi

Keberhasilan implementasi ekonomi sirkular tidak dapat dipisahkan dari adanya kerangka kebijakan dan regulasi yang mendukung tujuan keberlanjutan. Pemerintah perlu menerbitkan kebijakan yang mendukung pengelolaan limbah, daur ulang, dan penggunaan kembali aset dalam infrastruktur kereta api. Regulasi yang jelas dan konsisten akan mendorong sinergi antara sektor publik dan swasta dalam mengembangkan ekosistem ekonomi sirkular, memastikan bahwa standar teknis dan prosedur operasional mendukung inovasi dan praktisitas penerapan prinsip sirkular (Pertiwi & Sumriyah, 2023).

2. Kepemimpinan dan Komitmen Manajemen

Kepemimpinan yang visioner dan komitmen dari manajemen puncak merupakan faktor penentu dalam transisi ke ekonomi sirkular. Pihak manajemen di perusahaan kereta api harus mampu mengintegrasikan nilai-nilai ekonomi sirkular dalam strategi operasional dan pengambilan keputusan. Komitmen ini juga meliputi kesiapan dalam menyediakan sumber daya yang diperlukan serta mempromosikan budaya inovasi di seluruh organisasi. Kepemimpinan yang proaktif dapat menjadi katalisator untuk adopsi teknologi baru, pengembangan regulasi internal, dan peningkatan kompetensi karyawan (Syarif et al, 2022) .

3. Inovasi Teknologi dan Digitalisasi

Inovasi teknologi merupakan pendorong utama transformasi menuju ekonomi sirkular. Di industri kereta api, teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), sistem pemantauan berbasis sensor, Digital Twins, dan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) dapat digunakan untuk mengoptimalkan pemeliharaan aset, mengidentifikasi potensi kegagalan sejak dini, serta mengoptimalkan siklus hidup material dan peralatan. Pemanfaatan teknologi ini mendorong peningkatan efisiensi operasional, memungkinkan perawatan preventif, dan mendukung implementasi strategi daur ulang serta penggunaan kembali aset secara lebih efisien (Pertiwi & Sumriyah, 2023).

4. Sinergi dan Kolaborasi Antar Pemangku Kepentingan

Kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, operator kereta api, lembaga riset, dan masyarakat, merupakan elemen penting dalam implementasi ekonomi sirkular. Sinergi ini memungkinkan pertukaran informasi, inovasi bersama, dan pembentukan ekosistem yang mendukung keberlanjutan. Dengan melibatkan berbagai pihak, solusi yang muncul dapat lebih komprehensif dan selaras dengan kebutuhan operasional serta kebijakan publik, sehingga memberdayakan sektor kereta api untuk mengatasi tantangan-tantangan yang muncul dalam transisi menuju ekonomi sirkular (Syarif et al, 2022);

5. Akses Pendanaan dan Mekanisme Pembiayaan

Investasi awal yang diperlukan untuk menerapkan teknologi baru dan mengadaptasi infrastruktur merupakan salah satu kendala utama dalam implementasi ekonomi sirkular. Oleh karena itu, akses terhadap pendanaan dari sektor publik dan swasta sangat krusial. Skema pembiayaan inovatif dan insentif fiskal perlu dikembangkan agar proyek-proyek yang mengintegrasikan prinsip ekonomi sirkular dapat terlaksana dengan optimal. Pendanaan ini tidak hanya mendukung pengadaan teknologi dan perbaikan infrastruktur, tetapi juga mendorong inovasi dalam pengelolaan aset dan inisiatif ramah lingkungan dalam layanan kereta api (Pertiwi & Sumriyah, 2023).

6. Peningkatan Kapasitas Sumber Daya Manusia dan Pendidikan

Peningkatan kapasitas serta pendidikan terkait ekonomi sirkular merupakan aspek penting untuk memastikan keberhasilan implementasi. Pelatihan dan peningkatan pengetahuan mengenai manajemen limbah, teknologi digital, dan praktik terbaik dalam ekonomi sirkular harus dilakukan secara berkelanjutan kepada karyawan dan pemangku kepentingan. Hal ini menciptakan tenaga kerja yang adaptif, inovatif, dan mampu menerapkan prinsip-prinsip ekonomi sirkular dalam aktivitas operasional sehari-hari, sekaligus membangun kesadaran di seluruh rantai nilai industri kereta api (Syarif et al, 2022)

4. Kesimpulan

Implementasi ekonomi sirkular pada industri perkeretaapian merupakan langkah strategis untuk mengurangi dampak lingkungan serta meningkatkan efisiensi sumber daya melalui prinsip pengurangan, penggunaan ulang, dan daur ulang material. Berdasarkan hasil analisis, peluang ekonomi sirkular di Indonesia didorong oleh transformasi digital dan pengembangan sarana, di mana sistem digital mampu mengurangi penggunaan material fisik secara signifikan. Kehadiran teknologi seperti kereta cepat juga memberikan peluang untuk memperpanjang siklus hidup aset melalui penggunaan material yang lebih tahan lama dan sistem pemeliharaan yang akurat. Namun, transisi menuju model sirkular ini menghadapi berbagai hambatan struktural terkait keterbatasan infrastruktur teknologi, hambatan finansial akibat tingginya investasi awal, serta hambatan organisasi berupa resistensi terhadap perubahan budaya bisnis. Keberhasilan implementasi sangat bergantung pada beberapa faktor kunci, antara lain dukungan kerangka regulasi yang konsisten dari pemerintah, komitmen kepemimpinan manajemen puncak, inovasi teknologi berbasis digitalisasi, serta kolaborasi yang erat antar pemangku kepentingan. Secara keseluruhan, reformasi menuju model ekonomi sirkular diharapkan dapat menjamin keberlanjutan pembangunan infrastruktur transportasi nasional dan meningkatkan daya saing industri di kancah internasional. Implementasi ekonomi sirkular pada industri perkeretaapian merupakan langkah strategis untuk mengurangi dampak lingkungan serta meningkatkan efisiensi sumber daya melalui prinsip pengurangan, penggunaan ulang, dan daur ulang material. Berdasarkan hasil analisis, peluang ekonomi sirkular di Indonesia didorong oleh transformasi digital dan pengembangan sarana, di mana sistem digital mampu mengurangi penggunaan material fisik secara signifikan melalui konsep dematerialisasi. Kehadiran teknologi mutakhir seperti kereta cepat juga memberikan peluang besar untuk memperpanjang siklus hidup aset melalui penggunaan material yang lebih tahan lama serta penerapan sistem pemeliharaan prediktif yang akurat. Dengan mengoptimalkan setiap fase siklus hidup aset, industri perkeretaapian dapat meminimalkan jejak karbon sekaligus memaksimalkan nilai ekonomi dari setiap komponen yang digunakan. Namun, transisi menuju model sirkular yang ideal ini masih menghadapi berbagai hambatan struktural yang memerlukan perhatian serius. Kendala tersebut meliputi keterbatasan infrastruktur teknologi di beberapa wilayah, hambatan finansial yang muncul akibat tingginya kebutuhan investasi awal untuk teknologi ramah lingkungan, serta hambatan organisasi berupa resistensi terhadap perubahan budaya bisnis yang mapan. Ketidakpastian mengenai pengembalian investasi pada proyek sirkular sering kali menjadi tantangan dalam meyakinkan para pemangku kepentingan. Oleh karena itu, diperlukan strategi mitigasi risiko yang tepat agar hambatan-hambatan ini tidak menghalangi percepatan adopsi prinsip ekonomi sirkular dalam operasional harian perkeretaapian nasional. Keberhasilan implementasi ekonomi sirkular pada akhirnya sangat bergantung pada sinergi beberapa faktor kunci, antara lain dukungan kerangka regulasi yang konsisten dari pemerintah, komitmen kepemimpinan manajemen puncak yang visioner, inovasi teknologi berbasis digitalisasi, serta kolaborasi yang erat antar pemangku kepentingan dalam ekosistem transportasi. Integrasi kebijakan yang kuat akan menciptakan lingkungan yang kondusif bagi perusahaan untuk berinovasi pada material dan model bisnis baru. Secara keseluruhan, reformasi menuju model ekonomi sirkular diharapkan tidak hanya mampu menjamin keberlanjutan pembangunan infrastruktur transportasi nasional, tetapi juga meningkatkan daya saing industri perkeretaapian Indonesia di kancah internasional melalui efisiensi yang lebih tinggi dan reputasi sebagai industri yang ramah lingkungan.

Referensi

1. Budiawan, W., Andarani, P., & Agiasti, L. (2022). Assessing Occupational Noise Exposure and Blood Pressure of Cabin Personnel of an Indonesian Diesel Train. *Jurnal Presipitasi Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 19(2), 271-279. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v19i2.271-279>
2. Camargo-Díaz, C., Paipa-Sanabria, E., Zapata-Cortés, J., Briceño-Chaves, A., & Serna-Castaño, C. (2023). Review of Financing Mechanisms to Promote Decarbonization Alternatives in Rail and Inland Waterway Transport. *Sustainability*, 15(2), 966. <https://doi.org/10.3390/su15020966>
3. Chen, A., Qi, W., Du, Q., Hou, S., Yuan, G., Ma, Z., ... & Wang, T. (2025). Laboratory and Field Evaluation of Cement-Stabilized Phyllite for Sustainable Railway Subgrades. *Buildings*, 15(17), 3151. <https://doi.org/10.3390/buildings15173151>

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.5382>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

4. Chen, H., Zhou, R., & Ulianov, C. (2020). Numerical Prediction and Corresponding Circular Economy Approaches for Resource Optimisation and Recovery of Underground Structures. *Urban Rail Transit*, 6(1), 71-83. <https://doi.org/10.1007/s40864-019-00124-0>
5. Fonseca-Soares, D., Eliziário, S., Galvinicio, J., & Ramos-Ridao, Á. (2023). Life-Cycle Greenhouse Gas (GHG) Emissions Calculation for Urban Rail Transit Systems: The Case of Pernambuco Metro. *Applied Sciences*, 13(15), 8965. <https://doi.org/10.3390/app13158965>
6. Galushko, O., Kovalenko-Marchenkova, Y., Chernova, N., Kasadzhyk, A., & Gechbaia, B. (2024). Impact of railway infrastructure on sustainable development of regions. *E3s Web of Conferences*, 558, 01035. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202455801035>
7. Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2021). Tinjauan tentang ekonomi sirkular: Transisi yang diharapkan menuju interaksi seimbang antara sistem lingkungan dan ekonomi. *Journal of Cleaner Production*, 284, 124697. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124697>
8. Givoni, M., Brand, C., & Watkiss, P. (2009). Are Railways Climate Friendly?. *Built Environment*, 35(1), 70-86. <https://doi.org/10.2148/benv.35.1.70>
9. Hemmat, W., Hesam, A., & Atifnigar, H. (2023). Exploring Noise Pollution, Causes, Effects, and Mitigation Strategies: A Review Paper. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 1(5), 995-1005. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1\(5\).86](https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1(5).86)
10. Islam, N., Rabha, S., Silva, L., & Saikia, B. (2019). Air quality and PM10-associated poly-aromatic hydrocarbons around the railway traffic area: statistical and air mass trajectory approaches. *Environmental Geochemistry and Health*, 41(5), 2039-2053. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00256-z>
11. Kazemzadeh-Zow, A. and Niyat, I. (2019). Spatial modelling of railway noise propagation. *Journal of Geospatial Information Technology*, 7(1), 145-168. <https://doi.org/10.29252/jgit.7.1.145>
12. Khongsomchit, L. and Kaewunruen, S. (2025). Advancing Circular Economy Implementation for High-Speed Train Rolling Stocks by the Integration of Digital Twins and Artificial Intelligence. *Sensors*, 25(20), 6473. <https://doi.org/10.3390/s25206473>
13. Kurniawan, S., Satria, G., & Iswanto, A. P. (2024). Tantangan dan peluang pengoperasian kereta api cepat dalam mewujudkan sistem transportasi maju di Indonesia. *Syntax Admiration*, 5(2), 524-535. <https://doi.org/10.46799/jsa.v5i2.998>
14. Lin, J., Cheng, S., Li, H., Yang, D., & Lin, T. (2019). Environmental Footprints of High-Speed Railway Construction in China: A Case Study of the Beijing-Tianjin Line. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 105. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010105>
15. Lin, J., Li, H., Huang, W., Xu, W., & Cheng, S. (2018). A Carbon Footprint of High-Speed Railways in China: A Case Study of the Beijing-Shanghai Line. *Journal of Industrial Ecology*, 23(4), 869-878. <https://doi.org/10.1111/jiec.12824>
16. Liu, X., Schraven, D., Bruijine, M., Jong, M., & Hertogh, M. (2019). Navigating Transitions for Sustainable Infrastructures—The Case of a New High-Speed Railway Station in Jingmen, China. *Sustainability*, 11(15), 4197. <https://doi.org/10.3390/su11154197>
17. Lugaskova, N. (2023). Safety of Industrial Activity at Locomotive Depot. *Occupational Safety in Industry*, (10), 64-70. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2023-10-64-70>
18. Midiyanti, R., & Ramlan, J. S. (2020). Penerapan manajemen fasilitas dan smart mobility di PT. Kereta Api Indonesia (Persero). *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 4(1), 11-22. <https://doi.org/10.12962/j26151847.v4i1.6318>
19. Moradi, S., Ahadi, H., & Sierpiński, G. (2023). Sustainable Management of Railway Companies Amid Inflation and Reduced Government Subsidies: A System Dynamics Approach. *Sustainability*, 15(14), 11176. <https://doi.org/10.3390/su151411176>
20. Muntian, L., Chernov, V., & Niepieina, H. (2021). Modeling of spatial and temporal assessment of territorial risk in case of accidents during transportation of chemically dangerous goods by rail. *Naukovì Dopovidì Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv Ì Prirodokoristuvannâ Ukraïni*, (2(90)). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.02.004>
21. Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2015). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369-380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
22. Safiu, D., Suryadi, I., Nur, N., & Abdillah, M. (2023). Pengaruh Paparan Kebisingan terhadap Tingkat Stress dan Kualitas Tidur Pekerja Industri Pengolahan Hasil Bumi di Kabupaten Gowa. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (Mppki)*, 6(2), 353-357. <https://doi.org/10.56338/mppki.v6i2.3033>
23. Wróbel, M., Kamińska, J., Mudiyansele, N., Napiórkowska, K., Bauman, G., & Rybak, J. (2025). Transport Dust in Poland: Tracking the Invisible Footprint of Transport on Ecosystem Health. *Applied Sciences*, 15(16), 8862.
24. Tjahjono, B., dkk. (2022). Biaya investasi dan penerapan teknologi ramah lingkungan di perkeretaapian Indonesia. *Jurnal Produksi Bersih*, 340, 130-142.
25. Wijaya, TP, dkk. (2023). Kebijakan inovasi untuk mendukung sirkulasi ekonomi dalam transportasi kereta api. *Kebijakan Energi*, 175, 113-125.
26. Hemmat, A., dkk. (2023). Kebisingan dan emisi dari lokomotif diesel: Implikasi kesehatan pada pekerja perkeretaapian. *Penelitian Transportasi Bagian D: Transportasi dan Lingkungan*, 112, 103-118
27. Budiawan, W., dkk. (2022). Dampak operasional perkeretaapian terhadap kesehatan dan lingkungan di Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 15(3), 245-260.