

ROOT CAUSE ANALYSIS PADA PROSES RITASE DI QUARRY ANDESIT

¹Kiki Pratiwi, ²Slamet Riyadi, ³Deni Kurnia

^{1,2,3} Politeknik Enjinereng Indorama

² slamet@pei.ac.id

Abstrak

Kegiatan ritase merupakan faktor kritis dalam efisiensi operasional tambang andesit. Penelitian ini bertujuan menganalisis akar penyebab inefisiensi ritase menggunakan metode Root Cause Analysis (RCA). Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif di sebuah quarry andesit di Purwakarta. Data primer dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara, dan dokumentasi selama tahun 2024, mencakup waktu edar, jumlah ritase, breakdown time, dan konsumsi bahan bakar. Analisis kuantitatif dilakukan untuk menghitung produktivitas dan efisiensi bahan bakar, sedangkan analisis kualitatif menggunakan diagram fishbone berdasarkan kategori 4M (Manusia, Mesin, Metode, Lingkungan). Produktivitas ritase berfluktuasi sepanjang tahun, dengan efisiensi bahan bakar berkisar 0,12–0,23 liter/m³. Nilai match factor sebesar 0,87 menunjukkan ketidakseimbangan antara alat gali dan angkut. Faktor dominan yang memengaruhi inefisiensi adalah kecepatan operator, kondisi jalan tambang, serta kondisi teknis alat berat. RCA efektif mengidentifikasi akar masalah secara sistematis. Perbaikan perlu difokuskan pada peningkatan keterampilan operator, perawatan preventif alat, dan pemeliharaan jalan tambang. Implementasi rekomendasi berbasis RCA berpotensi meningkatkan efisiensi hingga 15–20% serta mengurangi downtime. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi manajemen tambang dalam optimalisasi operasional.

Kata kunci: RCA, Ritase, Produktivitas, Cycle Time, Fishbone Diagram

Abstract

Hauling trips (ritase) are critical to operational efficiency in andesite mining. This study aims to identify root causes of inefficiency in ritase using Root Cause Analysis (RCA). A mixed descriptive-quantitative and qualitative approach was applied at an andesite quarry in Purwakarta. Primary data from 2024—including cycle time, number of trips, breakdown time, and fuel consumption—were collected through field observation, semi-structured interviews, and documentation. Quantitative analysis assessed productivity and fuel efficiency, while qualitative RCA employed a fishbone diagram based on the 4M categories: Man, Machine, Method, and Environment. Ritase productivity fluctuated throughout the year, with fuel efficiency ranging from 0.12 to 0.23 liters/m³. The match factor of 0.87 indicated an imbalance between loading and hauling equipment. Dominant inefficiency factors included operator driving speed, mine road conditions, and mechanical condition of heavy equipment. RCA proved effective in systematically uncovering root causes. Key improvements should focus on operator training, preventive maintenance, and road upkeep. Evidence-based RCA recommendations could enhance operational efficiency by 15–20% and reduce equipment downtime. This study offers practical insights for mine management to optimize hauling operations and supports broader application of RCA in small-to-medium Indonesian mining operations.

Keywords: RCA, Ritase, Productivity, Cycle Time, Fishbone Diagram

1. PENDAHULUAN

Industri pertambangan merupakan salah satu sektor vital yang berperan besar dalam mendukung pembangunan ekonomi nasional. Aktivitas produksi di sektor ini melibatkan proses operasional yang kompleks, mulai dari kegiatan eksplorasi, penambangan, pengangkutan

(*hauling*), hingga pengolahan material [1]. Salah satu aspek penting yang menentukan efisiensi operasional tambang adalah kegiatan ritase, yaitu frekuensi perjalanan alat angkut dalam satu siklus kerja (*cycle time*). Kinerja ritase secara langsung berpengaruh terhadap produktivitas, biaya bahan bakar, dan umur pakai alat berat. Oleh karena itu, analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang memengaruhi ritase menjadi sangat penting dalam upaya peningkatan efisiensi tambang [2], [3].

Dalam konteks nasional, Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang sangat besar karena terletak pada kawasan *ring of fire* dengan kandungan mineral dan batuan yang melimpah, termasuk batuan andesit yang banyak ditemukan di wilayah Jawa Barat. Industri pertambangan batuan andesit, meskipun berskala menengah hingga kecil, tetap menghadapi tantangan efisiensi serupa dengan industri tambang besar—khususnya dalam hal koordinasi antara alat gali-muat dan alat angkut [4], [5]. Efisiensi ini sangat dipengaruhi oleh kondisi jalan tambang, kecepatan kendaraan, cuaca, dan keterampilan operator. Ketidakeimbangan di antara faktor-faktor tersebut dapat mengakibatkan *bottleneck* pada proses produksi, penurunan ritase, serta peningkatan konsumsi bahan bakar.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah berupaya mengukur kinerja alat berat berdasarkan *match factor* dan produktivitas alat. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut hanya menitikberatkan pada aspek kuantitatif seperti perhitungan waktu edar, tanpa menelusuri akar penyebab (*root cause*) dari inefisiensi yang terjadi [6], [7], [8]. Padahal, dalam konteks manajemen pertambangan modern, identifikasi akar permasalahan menjadi kunci dalam proses peningkatan berkelanjutan (*continuous improvement*). Di sinilah metode *Root Cause Analysis* (RCA) memiliki peran penting, karena mampu menguraikan faktor penyebab utama suatu permasalahan secara sistematis melalui pendekatan kualitatif yang terstruktur, seperti fishbone diagram atau diagram sebab-akibat.

Metode RCA telah banyak digunakan di berbagai sektor industri, termasuk manufaktur dan kesehatan, untuk mengidentifikasi dan mengurangi penyimpangan proses [9], [10]. Namun, penerapannya dalam konteks pertambangan, khususnya untuk menganalisis ritase di tambang batuan andesit, masih relatif jarang ditemukan dalam literatur nasional. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya penelitian yang tidak hanya mengukur produktivitas, tetapi juga menelusuri faktor penyebab utama penurunan ritase menggunakan pendekatan RCA yang sistematis.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis efisiensi kegiatan ritase produksi di salah satu *quarry andesit* di Kabupaten Purwakarta.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab utama penurunan produktivitas ritase menggunakan metode *Root Cause Analysis* dengan bantuan fishbone diagram.
3. Memberikan rekomendasi strategis untuk peningkatan kinerja ritase dan efisiensi operasional pada kegiatan pertambangan batuan andesit.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi manajemen operasional tambang dalam upaya optimalisasi sumber daya alat berat, serta memperkaya kajian akademik mengenai penerapan RCA di sektor pertambangan Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan dukungan analisis kualitatif. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi produktivitas ritase dan faktor-faktor yang memengaruhinya berdasarkan data aktual di lapangan, sedangkan pendekatan kualitatif digunakan untuk menelusuri akar penyebab utama inefisiensi melalui metode *Root Cause Analysis* (RCA).

Penelitian difokuskan pada kegiatan *hauling* di salah satu tambang andesit di Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat. Lokasi ini dipilih karena memiliki karakteristik operasi tambang terbuka (*quarry mining*) yang umum digunakan oleh industri pertambangan batuan

konstruksi di Indonesia. Fokus analisis diarahkan pada efisiensi ritase alat angkut (*dump truck*) dan alat gali-muat (*excavator*) [4] .

2.2 Obyek dan Lokasi Penelitian

Obyek penelitian adalah proses ritase produksi yang dilakukan oleh unit alat berat di quarry andesit. Penelitian difokuskan pada tiga jenis alat utama, yaitu:

1. *Excavator*, sebagai alat gali dan muat utama.
2. *Dump truck*, sebagai alat angkut material hasil galian.
3. *Crusher*, sebagai titik akhir proses *hauling*.

Lokasi penelitian berada di area tambang andesit di Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, dengan luas area ±15 hektar dan topografi berbukit sedang. Kegiatan operasional berlangsung setiap hari dengan jam kerja efektif rata-rata 7 jam per hari.

2.3 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder:

1. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap kegiatan ritase, mencakup:
 - a. *Cycle time* alat muat dan alat angkut (waktu edar).
 - b. Jumlah ritase per hari.
 - c. Waktu *breakdown* dan *standby* unit.
 - d. Konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*).
 - e. Kondisi jalan tambang dan perilaku operator.
2. Data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan dan literatur terkait, meliputi:
 - a. Laporan produksi bulanan tahun 2024.
 - b. Data curah hujan dari instansi terkait.
 - c. Peta topografi dan kondisi geoteknik.
 - d. Studi terdahulu mengenai analisis produktivitas alat angkut dan RCA.

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan:

- a. Observasi lapangan, untuk mencatat waktu edar (*cycle time*) dari tahap *loading*, *hauling*, *dumping*, hingga *return time*.
- b. Wawancara semi-terstruktur, dengan Kepala Teknik Tambang (KTT) dan *engineer* produksi guna memperoleh informasi terkait kendala operasional dan kebijakan efisiensi alat berat.
- c. Dokumentasi, dengan mengumpulkan laporan *trouble operational*, *lost time*, dan catatan harian ritase.

Seluruh data direkap dalam bentuk tabel untuk kemudian dilakukan analisis perbandingan terhadap target produksi dan efisiensi bahan bakar.

2.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dalam dua tahap utama:

a. Analisis Kuantitatif

Data ritase yang telah dikumpulkan diolah untuk menentukan tingkat produktivitas dan efisiensi unit alat berat. Perhitungan dilakukan dengan rumus sebagai berikut [11], [12], [13] :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Jumlah Ritase} \times \text{Kapasitas (m}^3\text{)}}{\text{Waktu Efektif (jam)}}$$

Sementara itu, tingkat efisiensi bahan bakar dihitung menggunakan rasio:

$$\text{Efisiensi}_{\text{fuel}} = \frac{\text{Volume Produksi (m}^3\text{)}}{\text{Konsumsi BBM (liter)}}$$

Hasil perhitungan ini digunakan untuk menilai performa masing-masing unit dan menentukan bulan-bulan dengan produktivitas di bawah standar.

b. Analisis Kualitatif – Root Cause Analysis (RCA)

Tahap selanjutnya adalah analisis akar penyebab penurunan produktivitas dengan metode RCA menggunakan diagram *fishbone* atau diagram sebab-akibat. Metode ini dipilih karena mampu menelusuri akar masalah secara sistematis berdasarkan empat kategori utama:

1. Manusia (*Human*) – kemampuan dan disiplin operator *dump truck* serta pengawasan kerja.
2. Mesin (*Machine*) – kondisi mekanis unit alat berat, frekuensi *breakdown*, dan umur pakai.
3. Metode (*Method*) – pola kerja ritase, pengaturan jadwal alat, dan sistem pemeliharaan.
4. Lingkungan (*Environment*) – kondisi jalan tambang, cuaca, serta *layout* area kerja.

Setiap faktor dievaluasi untuk menentukan akar penyebab dominan yang berpengaruh terhadap penurunan efisiensi ritase. Hasil analisis RCA kemudian dibandingkan dengan data kuantitatif untuk menghasilkan rekomendasi perbaikan operasional yang berbasis bukti (*evidence-based improvement*).

2.6 Validasi Data

Validitas data diuji menggunakan teknik *triangulasi* sumber dan waktu [11], [12]. Hasil observasi lapangan dibandingkan dengan laporan operasional perusahaan serta wawancara dengan pihak terkait untuk memastikan konsistensi informasi. Selain itu, perhitungan produktivitas diverifikasi dengan catatan produksi aktual untuk meminimalkan kesalahan interpretasi data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Kegiatan Ritase

Kegiatan ritase di quarry andesit Kabupaten Purwakarta melibatkan proses pengangkutan material hasil peledakan dari area *loading point* menuju *crusher plant*. Berdasarkan hasil observasi lapangan dan data sekunder perusahaan tahun 2024, kegiatan ritase dijalankan oleh tiga unit *dump truck* (Hino 01, Hino 02, dan Hino 03) dengan jam kerja efektif rata-rata tujuh jam per hari. Kapasitas rata-rata setiap ritase adalah 15 m³, sedangkan jarak tempuh per siklus berkisar antara 600–800 meter dengan kondisi jalan tambang berbatu dan tidak seluruhnya rata.

Kegiatan ini terdiri dari empat tahapan utama:

1. *Loading*, yaitu proses pengisian material ke dalam *dump truck* oleh *excavator*.
2. *Hauling*, proses pengangkutan material menuju *crusher*.
3. *Dumping*, pengosongan muatan ke hopper atau *stockpile*.
4. *Returning*, perjalanan kosong menuju titik muat kembali.

Satu siklus penuh (*cycle time*) dari keempat tahapan tersebut berkisar antara 7–10 menit, tergantung kondisi jalan, fragmentasi material, dan keterampilan operator.

3.2 Analisis Indikator Produktivitas

Hasil perhitungan indikator produktivitas menunjukkan bahwa efisiensi ritase sangat dipengaruhi oleh tiga faktor utama: waktu edar, jumlah ritase, dan konsumsi bahan bakar. Rata-rata hasil produksi bulanan tahun 2024 menunjukkan nilai produktivitas yang berfluktuasi pada setiap unit.

Tabel 1 berikut menunjukkan hasil ringkasan indikator produktivitas ritase tahun 2024.

Tabel 1. Produktivitas Ritase

Bulan	Unit Hino 01 (m ³ /jam)	Unit Hino 02 (m ³ /jam)	Unit Hino 03 (m ³ /jam)	Rata-rata Efisiensi BBM (liter/m ³)
Januari	55	58	50	0.23
Maret	62	65	60	0.18
Juni	70	72	68	0.12
September	59	60	57	0.19
Desember	61	63	60	0.17

Sumber: Data sekunder perusahaan (2024), diolah penulis

Dari tabel di atas terlihat bahwa bulan Juni menunjukkan efisiensi tertinggi dengan rasio bahan bakar 0.12 liter/m³, sedangkan bulan Januari memiliki efisiensi terendah, yaitu 0.23 liter/m³. Pola ini menunjukkan adanya fluktuasi signifikan yang disebabkan oleh kombinasi antara kondisi alat, operator, dan lingkungan kerja.

Hasil ini sejalan dengan temuan yang menyatakan bahwa produktivitas alat angkut dipengaruhi oleh *match factor* dan kondisi jalan tambang [3], [14]. Ketidakseimbangan antara alat gali dan angkut dapat menyebabkan keterlambatan pada siklus ritase, yang berujung pada peningkatan konsumsi bahan bakar dan penurunan produktivitas.

3.3 Analisis Efisiensi dan Match Factor

Analisis *match factor* (MF) digunakan untuk mengukur keserasian antara alat gali (excavator) dan alat angkut (dump truck). Nilai MF ideal berada pada kisaran 0.9–1.1, yang menunjukkan keserasian beban kerja antar alat.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata nilai MF pada lokasi penelitian adalah 0,87, menandakan bahwa kapasitas alat angkut masih sedikit kurang dibanding alat gali. Kondisi ini menyebabkan operator *excavator* mengalami waktu tunggu (*idle time*), yang berpengaruh terhadap total waktu siklus dan menurunkan efisiensi ritase.

Kondisi ini konsisten dengan penelitian yang menemukan bahwa nilai MF di bawah 1 menyebabkan alat muat sering berhenti menunggu alat angkut kosong, sehingga kapasitas produksi tidak optimal [5], [15], [16]. Upaya perbaikan dapat dilakukan dengan penambahan satu unit *dump truck* atau pengaturan ulang urutan kerja alat.

3.4 Analisis Akar Permasalahan (Root Cause Analysis)

Untuk memahami penyebab utama dari fluktuasi produktivitas, dilakukan analisis RCA menggunakan diagram *fishbone*. Empat kategori penyebab utama yang diidentifikasi adalah Manusia, Mesin, Metode, dan Lingkungan (4M).

a. Faktor Manusia

Faktor manusia berkaitan dengan kemampuan dan perilaku operator dalam menjalankan alat. Berdasarkan observasi dan wawancara, ditemukan bahwa sebagian operator belum menerapkan teknik mengemudi yang efisien, seperti penggunaan gigi yang tepat saat menanjak dan menurun. Selain itu, disiplin terhadap waktu kerja masih perlu ditingkatkan, terutama pada pergantian shift.

b. Faktor Mesin

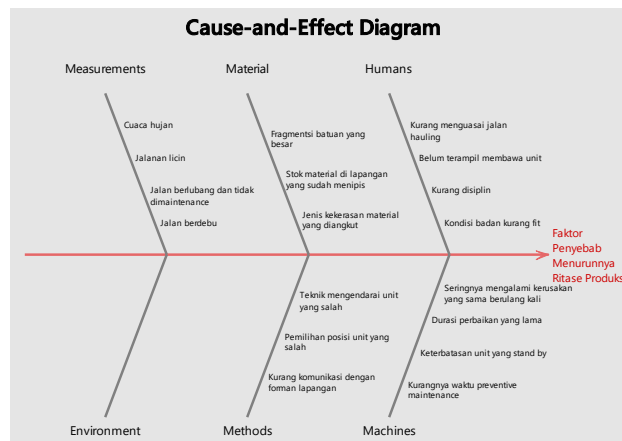
Kondisi teknis unit *dump truck* dan *excavator* juga berpengaruh signifikan. Data menunjukkan adanya peningkatan *breakdown time* pada beberapa unit akibat kerusakan mekanikal ringan, seperti rem dan sistem hidrolik. Frekuensi perawatan berkala yang belum optimal menyebabkan unit tidak mencapai jam kerja efektif.

c. Faktor Metode

Metode kerja dan pengaturan ritase belum sepenuhnya terstandar. Belum adanya sistem rotasi alat yang efisien mengakibatkan terjadinya antrian di area *loading point*. Selain itu, jadwal pemeliharaan jalan tambang tidak rutin menyebabkan ketidakteraturan jalur kerja alat berat.

d. Faktor Lingkungan

Kondisi jalan tambang yang berlubang dan berdebu memperlambat kecepatan *dump truck*, terutama saat hujan. Kondisi topografi yang menanjak menambah konsumsi bahan bakar dan memperpanjang waktu siklus. Faktor cuaca menjadi tantangan tersendiri karena kegiatan ritase berhenti total saat hujan deras. Gambaran umum hasil RCA ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut :

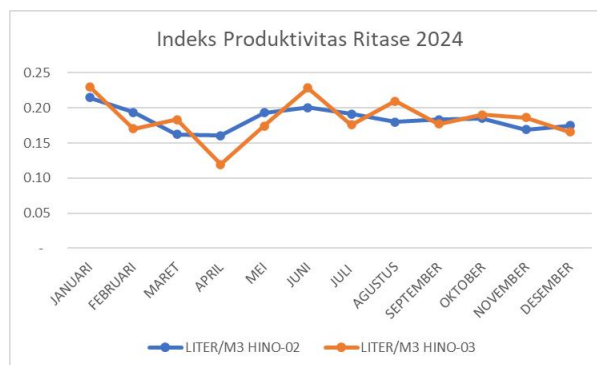


Gambar 1. Cause and Effect Diagram [6]

3.5. Analisis Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor paling dominan yang menurunkan produktivitas ritase adalah kecepatan kendaraan yang rendah akibat kondisi jalan dan perilaku operator, diikuti oleh kondisi unit yang tidak prima. Hubungan antara efisiensi bahan bakar dan jumlah ritase memperlihatkan tren negatif: semakin tinggi konsumsi bahan bakar, semakin rendah hasil ritase.

Kondisi ini mengonfirmasi teori efisiensi operasional tambang yang dikemukakan oleh Rezky Anisari [17], bahwa efisiensi alat angkut bergantung pada keterpaduan antara perilaku operator, kondisi unit, dan karakteristik medan kerja. Selain itu, analisis RCA memperlihatkan bahwa pendekatan perbaikan harus dilakukan secara sistematis dan berlapis, tidak hanya pada aspek teknis, tetapi juga pada manajemen operasional dan pengawasan lapangan.



Gambar 2. Indeks Produktivitas Ritase

Pada gambar 2. dapat dilihat bahwa kenaikan indeks produktivitas ritase tahun 2024 yang paling tertinggi yaitu unit Hino 03 pada bulan Januari dan bulan Juni hal itu terjadi karena hasil ritase Hino 03 pada bulan tersebut sangat kecil sedangkan penggunaan bahan bakar yang sangat tinggi. Hal itu berakibat kecilnya tingkat efisiensi ritase produksi sebesar 13% dari jumlah standar efisiensi sebesar 0,2 liter/m³. Sedangkan untuk unit Hino 02 kenaikan terjadi pada bulan Januari dengan penurunan tingkat efisiennya sebesar 7% atau kurang lebih setengahnya dari nilai efisiensi unit Hino 03. Namun pada bulan April Hino 03 mengalami kenaikan efisiensi yang cukup besar yaitu sebesar 60% dengan rata-rata liter/jam sebesar 0,12. Dari data total 1 tahun rata-rata liter/jam nilai tertinggi yaitu 0,23 dan terendahnya adalah 0,12 dengan hasil yang fluktuatif dilihat dari hasil ritase produksi yang dihasilkan dengan bahan bakar yang digunakan juga jam kerja mobil dan total break down.

Dengan menerapkan RCA sebagai alat bantu pengambilan keputusan, perusahaan dapat:

- a. Menetapkan prioritas perbaikan berdasarkan akar penyebab, bukan hanya gejala.
- b. Meningkatkan efisiensi bahan bakar hingga 15–20% melalui pengaturan ulang jalur ritase dan rotasi alat.
- c. Mengurangi *downtime* alat melalui peningkatan sistem perawatan preventif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis *Root Cause Analysis* (RCA) terhadap kegiatan ritase di quarry andesit Kabupaten Purwakarta selama tahun 2024, dapat disimpulkan bahwa tingkat produktivitas kegiatan ritase secara umum masih berada dalam kategori standar, namun menunjukkan fluktuasi pada setiap bulan operasional.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi bahan bakar rata-rata berkisar antara 0,12–0,23 liter/m³, dengan efisiensi tertinggi terjadi pada bulan Juni dan terendah pada bulan Januari. Nilai *match factor* sebesar 0,87 mengindikasikan bahwa kapasitas alat angkut belum seimbang dengan kapasitas alat gali, sehingga masih terdapat waktu tunggu (*idle time*) yang berdampak pada penurunan produktivitas.

Melalui analisis RCA menggunakan *fishbone diagram*, ditemukan empat kategori penyebab utama yang berpengaruh terhadap penurunan produktivitas ritase, yaitu:

1. Faktor manusia, seperti kecepatan mengemudi yang rendah dan kurangnya penerapan teknik pengoperasian alat yang efisien.
2. Faktor mesin, berupa kondisi unit yang kurang prima serta keterlambatan dalam perawatan preventif.
3. Faktor metode, yaitu ketidakteraturan jadwal ritase dan ketidakseimbangan kapasitas alat muat–angkut.
4. Faktor lingkungan, terutama kondisi jalan tambang yang rusak serta cuaca yang tidak menentu.

Dari keempat faktor tersebut, kecepatan dan teknik mengemudi operator serta kondisi jalan tambang merupakan faktor dominan yang paling memengaruhi efisiensi ritase.

Metode RCA terbukti efektif untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan operasional tambang secara sistematis, sehingga dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan peningkatan produktivitas di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Lovenda, "Kajian Ekonomi Lingkungan: Biaya Eksternal Dalam Aktivitas Industri Pertambangan," *Circ. Arch.*, Pp. 1–12, 2025.
- [2] I. Sari, "Pengaruh Perolehan Ritase Kendaraan Terhadap Pendapatan Setiap Kendaraan Angkutan Barang," *J. Ilm. Manajemen, Ekon. Bisnis, Kewirausahaan*, Vol. 1, No. 2, Pp. 102–120, 2014.

- [3] M. A. Kurnia, U. Saismana, R. Riswan, E. Santoso, And G. Yunizar, "Evaluasi Penambangan Di Pit 3 Berdasarkan Pengukuran Survey Kemajuan Tambang Terhadap Ritase Alat Angkut (Truck Account) Pada Pt Tanjung Alam Jaya Kecamatan Pengaron, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan," *J. Geosapta*, Vol. 1, No. 01, Pp. 3–6, 2016, Doi: 10.20527/Jg.v1i01.733.
- [4] H. N. Fitiyani, "Analisis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Angkut Pada Kegiatan Penambangan Batu Andesit Pt X Di Liunggunung Kecamatan Plered Kabupaten Purwakarta Jawa Barat," 2020.
- [5] D. Febrianti And Z. Zakia, "Analisis Produktivitas Dan Waktu Penggunaan Alat Berat Excavator Pada Pekerjaan Galian Tanah," *Pros. Semin. Nas. Pakar*, Pp. 123–127, 2018, Doi: 10.25105/Pakar.v0i0.2617.
- [6] B. A. T. Fagerhaug, *Root Cause Analysis-Simplified Tools And Techniques*, Vol. 45, No. 7. 2000.
- [7] R. C. Tarumingkeng, *Root Cause Analysis (Rca) Adalah*, Vol. 22, No. 1. 2020. Doi: 10.31399/Asm.Edfa.2020-1.p055.
- [8] D. Lestari Gandi, "Analisis Risiko Operasional Dengan Metode Fmea Dan Rca (Studi Observasional Di Area Container Yard Pt Terminal Teluk Lamong)," 2019.
- [9] M. A. Sitompul, "Implementasi Metode Root Cause Analysis (Rca) Untuk Mengendalikan Reject Produk Np Project Di Pt. Xyz," *J. Manuf. Ind. Eng. Technol.*, Vol. 3, No. 2, Pp. 83–92, 2024, Doi: 10.30651/Mine-Tech.v3i2.24157.
- [10] E. Trinovita, N. I. V. Kemal, T. A. Rohani, A. A. Ghaffar, And M. R. G. G. Pratama, "Penerapan Lean Six Sigma Pada Pt. Pamapersada Nusantara Proyek Arem," *Remik Ris. Dan E-Jurnal Manaj. Inform. Komput.*, Vol. 8, No. 4, Pp. 1196–1206, 2024.
- [11] Sugiyono, *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R & D*. 2020.
- [12] P. Sihombing, D. Purwanti, A. Arsani, And M. Masruri, *Aplikasi Minitab Untuk Statistisi Pemula*, No. March. 2022.
- [13] S. Sarinah And R. M. E. M. Rezki, "Pencapaian Pendistribusian Barang Melalui Jumlah Armada Dan Ritase," *J. Manaj. Bisnis Transp. Dan Logistik*, Vol. 2, No. 3, Pp. 477-495., 2016.
- [14] G. Qatrunnada, G. Guskarnali, And Haslen Oktarianty, "Evaluasi Geometri Jalan Tambang Berdasarkan Standar Aashto Terhadap Kebutuhan Bahan Bakar Alat Angkut Heavy Duty Truck," *Pros. Semin. Penelit. Dan Pengabd. Pada Masy.*, Vol. 4, Pp. 14–19, 2020.
- [15] P. Studi *Et Al.*, "Efektivitas Penggunaan Excavator & Dump Truck Pada Proses Penambangan Tanah Paras Di Mojokerto," *J. Tek. Sipil Elem.*, Vol. 1, 2025.
- [16] Yudha Gustiwaru, "Penerapan Sistem Monitoring Ritase Per Jam Alat Angkut Batubara Untuk Efisiensi Biaya Sewa Alat Coal Getting Periode Januari- Februari 2018 Di Muara Tiga Besar Utara Pt Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan," 2018.
- [17] Y. Gustiwaru, Mardiah, and Guskarnali, "Penerapan Sistem Monitoring Ritase Per Jam Alat Coal Getting Periode Januari Januari-Februari Februari 2018 Di Muara Tiga Besar Utara Pt Bukit Asam," *Semin. Nas. Penelit. dan Pengabd. pada Masy.*, 2018.