



## Evaluasi Tata Kelola Penambangan Sirtu Berbasis *Good Mining Practice*

Dwi Eri Yanti<sup>1\*</sup>, Vera Surtia Bachtiar<sup>2</sup>, Alfirmsyah<sup>3</sup>, Umami Jayanti<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Sekolah Pascasarjana, Universitas Andalas, Indonesia  
Email: [hj.dwieriyanti@gmail.com](mailto:hj.dwieriyanti@gmail.com)<sup>1\*</sup>, [verasurtia@eng.unand.ac.id](mailto:verasurtia@eng.unand.ac.id)<sup>2</sup>, [alfirmsyahlinggau@gmail.com](mailto:alfirmsyahlinggau@gmail.com)<sup>3</sup>,  
[Ummijayanti@gmail.com](mailto:Ummijayanti@gmail.com)<sup>4</sup>

\*Penulis Korespondensi: [hj.dwieriyanti@gmail.com](mailto:hj.dwieriyanti@gmail.com)

**Abstract.** *The governance of sand and gravel mining requires an integrated assessment of technical planning, occupational safety, environmental control, reclamation, and regulatory compliance. This study evaluated the governance of CV. Ria Bersaudara, a sand and gravel mining company located in Pasar Surulangun, Rawas Ulu District, Musi Rawas Utara Regency, using the Good Mining Practice framework. The study used a descriptive evaluative approach based on field observation, document review, indicative resource estimation, equipment productivity analysis, occupational safety and environmental risk assessment, and compliance mapping. The results show that the company has a basic legal foundation through an exploration mining permit covering 12.5 ha; however, several governance components require improvement. The indicative prospective area was approximately 2.50 ha, with an effective follow-up area of 1.80 ha and an estimated indicative resource of 21,600 m<sup>3</sup> or 35,640 tons. Productivity analysis indicated that excavator capacity reached about 61 m<sup>3</sup>/hour, while one dump truck only transported about 10.3 m<sup>3</sup>/hour, creating a haulage bottleneck if the truck fleet is insufficient. Safety implementation was also not optimal, with personal protective equipment compliance estimated at only 55%. The study recommends validating permit documents, strengthening technical exploration data, improving drainage and sediment control, enforcing safety procedures, implementing progressive reclamation, and establishing daily operational records.*

**Keywords:** *Aggregate Mining; Good Mining Practice; Mine Governance; Reclamation; Safety Management.*

**Abstrak.** Tata kelola penambangan pasir dan batu (sirtu) memerlukan evaluasi terpadu terhadap aspek teknis, keselamatan kerja, pengendalian lingkungan, reklamasi, dan kepatuhan regulasi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi tata kelola kegiatan penambangan CV. Ria Bersaudara di Kelurahan Pasar Surulangun, Kecamatan Rawas Ulu, Kabupaten Musi Rawas Utara dengan mengacu pada kerangka Good Mining Practice. Metode yang digunakan adalah deskriptif evaluatif melalui observasi lapangan, telaah dokumen, estimasi sumber daya indikatif, analisis produktivitas alat, penilaian risiko K3L, dan pemetaan kepatuhan regulasi. Hasil menunjukkan bahwa perusahaan telah memiliki dasar legal berupa IUP Eksplorasi seluas 12,5 ha, tetapi beberapa komponen tata kelola masih perlu diperkuat. Area prospek sirtu teridentifikasi sekitar 2,50 ha dengan area efektif uji lanjut 1,80 ha dan estimasi sumber daya indikatif 21.600 m<sup>3</sup> atau 35.640 ton. Produktivitas excavator mencapai sekitar 61 m<sup>3</sup>/jam, sedangkan satu dump truck hanya sekitar 10,3 m<sup>3</sup>/jam sehingga *bottleneck* terjadi pada sistem pengangkutan. Implementasi K3 juga belum optimal karena kepatuhan penggunaan APD baru sekitar 55%. Rekomendasi utama meliputi validasi dokumen izin, penguatan data eksplorasi teknis, pembangunan drainase dan sediment trap, penegakan SOP K3, reklamasi progresif, serta pencatatan operasional harian.

**Kata kunci:** Manajemen Keselamatan; Pertambangan Agregat; Praktik Pertambangan Baik; Reklamasi; Tata Kelola Tambang.

### 1. LATAR BELAKANG

Kebutuhan material konstruksi berupa pasir, kerikil, dan batu di daerah berkembang terus meningkat seiring pembangunan jalan, jembatan, perumahan, serta prasarana publik. Peningkatan kebutuhan agregat konstruksi tersebut menjadikan penambangan sirtu sebagai aktivitas ekonomi penting, tetapi sekaligus menuntut tata kelola yang lebih ketat karena ekstraksi pasir dan kerikil berhubungan langsung dengan perubahan morfologi, kualitas lingkungan, keselamatan kerja, serta keberlanjutan sumber daya (Mia et al., 2026; Tripathi et al., 2025). Kabupaten Musi Rawas Utara memiliki potensi bahan galian batuan, termasuk sirtu,

yang dapat mendukung penyediaan agregat konstruksi dan kegiatan ekonomi lokal. Namun, pemanfaatan sumber daya batuan tidak cukup dinilai dari ketersediaan material dan manfaat ekonominya, tetapi juga dari kemampuan pengelolaan untuk mengendalikan risiko teknis, keselamatan kerja, lingkungan, sosial, dan hukum. Dalam konteks pertambangan mineral dan batubara, prinsip kaidah teknik pertambangan yang baik menuntut kegiatan penambangan dilaksanakan secara legal, aman, efisien, terkendali, serta memperhatikan reklamasi dan pascatambang.

Penambangan sirtu yang tidak direncanakan secara memadai dapat menimbulkan kerusakan tebing dan bantaran, peningkatan sedimentasi, perubahan morfologi sungai, pencemaran akibat limpasan berlumpur, serta konflik pemanfaatan ruang. Literatur terbaru mengenai penambangan pasir dan kerikil menunjukkan bahwa ekstraksi material di alur, dataran banjir, dan bantaran sungai dapat mengubah keseimbangan sedimen, memperbesar erosi lokal, mengganggu tutupan riparian, dan memicu dampak sosial-ekonomi apabila tidak dikendalikan melalui zonasi, pembatasan volume, pengawasan, serta rehabilitasi (Deng et al., 2026; Latif et al., 2023; Mia et al., 2026; Tripathi et al., 2025). Kajian di berbagai negara juga menekankan bahwa tata kelola penambangan pasir harus memperhatikan dimensi keamanan sumber daya, mata pencaharian lokal, dan formalitas kelembagaan agar manfaat ekonomi tidak dibayar dengan kerusakan ekologis jangka panjang (Asare et al., 2023; Baker et al., 2024; Hatlebakk, 2023; Rousseau & Marschke, 2023). Oleh karena itu, tata kelola penambangan sirtu harus dirancang sebagai proses pengendalian risiko sejak tahap eksplorasi, persiapan operasi, produksi, reklamasi, hingga pascatambang.

Pada tataran regulasi nasional, kegiatan pertambangan memerlukan kepatuhan terhadap izin usaha, dokumen lingkungan, rencana kerja, pengelolaan K3, serta kewajiban reklamasi dan pascatambang. Ketentuan mengenai reklamasi dan pascatambang menempatkan pemulihan fungsi lahan sebagai kewajiban yang harus direncanakan sejak awal, bukan kegiatan tambahan setelah tambang berakhir. Di sisi operasional, hasil kajian terbaru menegaskan bahwa identifikasi bahaya, pengendalian jalur angkut, pemantauan alat berat, manajemen stockpile, dan pemulihan topsoil merupakan elemen penting untuk menurunkan risiko kecelakaan, sedimentasi, degradasi tanah, dan kegagalan reklamasi (Ledesma et al., 2025; Mackenzie & Naeth, 2024; Moniri-Morad et al., 2024; Oliveros-Sepúlveda et al., 2025).

CV. Ria Bersaudara merupakan pemegang IUP Eksplorasi galian C sirtu di Kelurahan Pasar Surulangun, Kecamatan Rawas Ulu, Kabupaten Musi Rawas Utara. Laporan praktik keinsinyuran menunjukkan bahwa perusahaan telah memiliki dasar legal berupa Surat Keputusan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 0157/DPMPSTSP.V/III/2015 tanggal 8 Maret

2015 dengan luas WIUP 12,5 ha. Meskipun demikian, hasil observasi lapangan dan telaah dokumen memperlihatkan sejumlah kesenjangan tata kelola, antara lain data sumber daya yang masih indikatif, batas wilayah kerja yang belum ditandai secara lengkap, belum tersusunnya sequence bukaan tambang, pengendalian drainase-sedimentasi yang belum memadai, kepatuhan APD yang belum optimal, serta dokumen reklamasi dan pascatambang yang masih perlu dilengkapi.

Berdasarkan kondisi tersebut, artikel ini bertujuan mengevaluasi tata kelola kegiatan penambangan sirtu pada CV. Ria Bersaudara dengan mengacu pada prinsip Good Mining Practice. Kebaruan artikel ini terletak pada penyusunan evaluasi terintegrasi yang menggabungkan estimasi sumber daya indikatif, produktivitas alat, bottleneck pengangkutan, risiko K3L, reklamasi progresif, dan pemetaan kepatuhan regulasi menjadi rekomendasi praktik keinsinyuran yang operasional

## **2. KAJIAN TEORITIS**

Good Mining Practice merupakan kerangka pengelolaan pertambangan yang menempatkan aspek teknis, keselamatan, lingkungan, konservasi sumber daya, reklamasi, pascatambang, dan kepatuhan regulasi sebagai satu kesatuan. Di Indonesia, kaidah ini dipertegas melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2018 dan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 yang memuat pedoman pelaksanaan kaidah teknik pertambangan yang baik. Dalam praktiknya, GMP tidak hanya berkaitan dengan produksi, tetapi juga menuntut kejelasan batas wilayah kerja, kecukupan data geologi, perencanaan penambangan bertahap, pengendalian air tambang, pengelolaan tanah pucuk, keselamatan kerja, serta dokumentasi operasional. Literatur terbaru tentang tata kelola sumber daya menunjukkan bahwa formalitas izin, transparansi operasi, dan koordinasi aktor lokal menjadi prasyarat penting agar kegiatan ekstraktif tidak menimbulkan konflik dan kerentanan ekologis (Ganie & Bhat, 2024; Khadka et al., 2024; Shitima & Suykens, 2023).

Pada pertambangan sirtu, aspek teknis mencakup delineasi area prospek, pengukuran ketebalan endapan, uji gradasi, estimasi volume dan tonase, pemilihan metode tambang, serta perhitungan kebutuhan alat. Estimasi sumber daya yang hanya berbasis pengamatan visual memiliki tingkat ketidakpastian tinggi, sehingga harus ditindaklanjuti dengan survei topografi, test pit, sampling, dan uji laboratorium. Uji gradasi, kadar lumpur, berat isi, dan kesesuaian material agregat penting karena mutu pasir dan kerikil menentukan kelayakan pemanfaatan serta nilai ekonominya (Arifin et al., 2025; Arsyad et al., 2024; de Bortoli, 2023). Prinsip kehati-hatian ini penting karena perencanaan produksi yang tidak berbasis data dapat

menyebabkan pembukaan lahan berlebih, ketidaksesuaian kualitas material, dan inefisiensi operasional (Mia et al., 2026; Tripathi et al., 2025).

Pengelolaan keselamatan dan kesehatan kerja pada pertambangan batuan harus dilakukan melalui identifikasi bahaya, penilaian risiko, pengendalian teknis, pengendalian administratif, penyediaan APD, dan pemantauan kepatuhan. Aktivitas mobilisasi, penggalian, pemuatan, pengangkutan, stockpile, dan pekerjaan dekat drainase mempunyai profil risiko berbeda, sehingga memerlukan SOP, rambu, safety induction, inspeksi alat, pengaturan lalu lintas, dan sistem tanggap darurat. Kajian terbaru pada operasi tambang terbuka menunjukkan bahwa alat berat, jalur angkut, blind spot, kondisi jalan, komunikasi operator, dan interaksi pekerja-alat merupakan sumber bahaya utama yang perlu dikendalikan melalui pendekatan berbasis risiko dan teknologi pemantauan (Beş et al., 2025; Cepreaga Moldoveanu & Moraru, 2024; Goli, 2025; Moniri-Morad et al., 2024; Myers et al., 2025).

Reklamasi dan pascatambang merupakan bagian inti dari tata kelola pertambangan berkelanjutan. Reklamasi progresif lebih disarankan dibanding reklamasi yang ditunda hingga akhir tambang karena mampu mengurangi area terganggu, menekan erosi, menjaga tanah pucuk, dan mempercepat pemulihan vegetasi. Pengelolaan tanah pucuk menjadi penting karena penyimpanan yang terlalu lama atau tidak terencana dapat menurunkan kualitas fisik, kimia, dan biogeokimia tanah, sehingga memengaruhi keberhasilan revegetasi (Ledema et al., 2025; Mackenzie & Naeth, 2024). Selain itu, perencanaan penutupan tambang perlu mempertimbangkan biaya lingkungan, fungsi akhir lahan, potensi fitoremediasi, serta stabilitas ekosistem pascatambang (Oliveros-Sepúlveda et al., 2025).

Dari sisi kelembagaan, kepatuhan regulasi berfungsi sebagai instrumen pengendalian untuk memastikan bahwa aktivitas penambangan tidak melampaui izin, tidak mengabaikan aspek lingkungan, dan mempunyai jaminan pemulihan. Pemenuhan dokumen izin, peta WIUP, dokumen lingkungan, RKAB atau rencana kerja, ketersediaan tenaga teknis, laporan eksplorasi, dan jaminan reklamasi merupakan prasyarat tata kelola yang akuntabel. Kajian mutakhir mengenai tata kelola ekstraktif menegaskan bahwa kepatuhan formal harus dikombinasikan dengan pengawasan lapangan, pelibatan pemangku kepentingan, dan evaluasi ekologis agar kegiatan pertambangan tidak menurunkan keamanan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat (Arsyad et al., 2023; Li et al., 2025; Rangel-Buitrago et al., 2023; Sulista et al., 2023).

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif evaluatif berbasis praktik keinsinyuran. Objek kajian adalah CV. Ria Bersaudara, pemegang IUP Eksplorasi galian C sirtu di Kelurahan Pasar Surulangun, Kecamatan Rawas Ulu, Kabupaten Musi Rawas Utara. Pendekatan deskriptif dipilih karena tujuan kajian bukan menguji hubungan statistik, melainkan mengevaluasi kesesuaian kondisi aktual terhadap prinsip Good Mining Practice dan merumuskan rekomendasi teknis yang dapat diterapkan.

Data dikumpulkan melalui studi literatur, observasi lapangan, telaah dokumen izin dan dokumen teknis, serta analisis deskriptif terhadap kondisi operasional. Observasi lapangan dilakukan untuk mengenali aktivitas penambangan sirtu, karakteristik lahan, kondisi vegetasi, akses kerja, drainase, dan kesiapan K3. Telaah dokumen dilakukan terhadap informasi IUP, peta lokasi, data rencana kegiatan, serta kewajiban reklamasi dan pascatambang.

Analisis dilakukan dalam enam tahap. Pertama, dilakukan identifikasi rona awal dan implikasi teknis. Kedua, dilakukan estimasi sumber daya indikatif dengan pendekatan luas efektif, ketebalan endapan, faktor perolehan, dan berat isi lepas. Ketiga, dilakukan perhitungan produktivitas alat untuk mengidentifikasi kapasitas excavator, produktivitas dump truck, dan potensi bottleneck. Keempat, dilakukan penilaian risiko K3L secara kualitatif dengan kategori risiko rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Kelima, dilakukan evaluasi rencana pengelolaan lingkungan, reklamasi, dan pascatambang. Keenam, dilakukan pemetaan kepatuhan regulasi dan penyusunan rekomendasi solusi keinsinyuran.

Produktivitas excavator dihitung menggunakan rumus  $Q = (3600/CT) \times \text{kapasitas bucket} \times \text{fill factor} \times \text{efisiensi kerja}$ , dengan CT sebagai cycle time dalam detik. Data input yang digunakan adalah bucket excavator 0,8 m<sup>3</sup>, fill factor 0,85, cycle time 28 detik, dan efisiensi kerja 70%. Produktivitas dump truck dihitung dari kapasitas bak dan cycle time ritase. Seluruh hasil kemudian diinterpretasikan dalam kerangka manajemen produksi, keselamatan, pengendalian lingkungan, dan kepatuhan regulasi.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Kondisi objek dan data teknis awal

CV. Ria Bersaudara berada di Kelurahan Pasar Surulangun, Kecamatan Rawas Ulu, Kabupaten Musi Rawas Utara. Lokasi dapat dijangkau melalui jalur kendaraan roda empat dan roda dua dari Jalan Negara Lintas Sumatera. Secara administratif, objek kajian memiliki IUP Eksplorasi galian C sirtu berdasarkan SK Gubernur Sumatera Selatan Nomor 0157/DPMPSTSP.V/III/2015 tanggal 8 Maret 2015 dengan luas WIUP 12,5 ha. Status dasar

legal ini penting karena tata kelola pertambangan yang baik harus dimulai dari kejelasan izin, batas wilayah, dan kesesuaian kegiatan dengan tahap perizinan.

Hasil observasi menunjukkan bahwa rona awal wilayah IUP masih didominasi vegetasi sekunder dan semak, dengan area prospek sirtu yang terbatas. Area vegetasi sekunder diperkirakan sekitar 8,75 ha, area prospek sirtu sekitar 2,50 ha, akses dan area terbuka sekitar 0,75 ha, serta zona drainase atau sempadan yang perlu dilindungi sekitar 0,50 ha. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembukaan lahan harus dilakukan secara selektif agar zona penyangga tetap dipertahankan. Prinsip ini sejalan dengan temuan terbaru bahwa penambangan pasir dapat menurunkan kesuburan tanah, mengubah tutupan riparian, dan memperbesar tekanan terhadap fungsi ekologis apabila tidak diikuti pembatasan bukaan, konservasi topsoil, dan pemulihan vegetasi (Hemmler et al., 2024; Latif et al., 2023; Ledesma et al., 2025; Mackenzie & Naeth, 2024).

**Tabel 1.** Ringkasan kondisi teknis awal CV. Ria Bersaudara.

Indikator	Nilai/Kondisi	Implikasi tata kelola
Luas WIUP	12,5 ha	Memerlukan peta kerja, koordinat, dan patok batas yang jelas.
Vegetasi sekunder/semak	±8,75 ha	Dipertahankan sebagai zona penyangga dan sumber revegetasi lokal.
Area prospek sirtu	±2,50 ha	Perlu survei topografi, test pit, dan sampling gradasi.
Area efektif uji lanjut	±1,80 ha	Ditetapkan setelah mempertimbangkan akses, sempadan, drainase, dan buffer.
Ketebalan endapan	±1,50 m	Masih asumsi awal; perlu verifikasi lapangan.
Sumber daya indikatif	±21.600 m <sup>3</sup> atau ±35.640 ton	Belum dapat menjadi dasar produksi final sebelum eksplorasi detail.
Tanah pucuk	±10-20 cm	Harus dikupas, disimpan terpisah, dan digunakan kembali untuk revegetasi.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa potensi sirtu pada area kajian sudah dapat digambarkan secara awal, tetapi masih berada pada tingkat indikatif. Dalam perspektif praktik keinsinyuran, estimasi indikatif berguna untuk menilai kelayakan awal, namun belum cukup untuk menyusun rencana produksi yang sah dan terukur. Data teknis perlu dilengkapi dengan peta topografi, uji ketebalan endapan, uji gradasi, kadar lumpur, berat isi, serta analisis kualitas agregat. Tanpa verifikasi tersebut, target produksi berisiko tidak selaras dengan cadangan aktual, kualitas material, dan kapasitas pengelolaan lingkungan. Pentingnya validasi mutu material juga ditunjukkan oleh kajian agregat sungai yang menilai gradasi, kadar lumpur, dan berat jenis sebagai dasar kelayakan pemanfaatan pasir untuk konstruksi (Arifin et al., 2025; Arsyad et al., 2024; de Bortoli, 2023).

## Evaluasi produksi dan efisiensi alat

Analisis produktivitas alat menunjukkan bahwa kapasitas loading excavator lebih tinggi dibanding kapasitas pengangkutan. Dengan asumsi bucket 0,8 m<sup>3</sup>, cycle time 28 detik, fill factor 0,85, dan efisiensi kerja 70%, produktivitas excavator diperkirakan sekitar 61 m<sup>3</sup>/jam. Sementara itu, dump truck berkapasitas 6 m<sup>3</sup> dengan cycle time 35 menit hanya menghasilkan produktivitas sekitar 10,3 m<sup>3</sup>/jam per unit. Dengan demikian, untuk menyeimbangkan kapasitas excavator diperlukan sekitar enam unit dump truck. Jika jumlah truck hanya tiga unit, kapasitas angkut efektif hanya sekitar 31 m<sup>3</sup>/jam sehingga bottleneck terjadi pada transportasi, bukan pada penggalian.

**Tabel 2.** Analisis produktivitas alat dan bottleneck operasional.

Parameter	Nilai	Interpretasi
Kapasitas bucket excavator	0,8 m <sup>3</sup>	Kapasitas sedang untuk penambangan sirtu skala kecil-menengah.
Cycle time excavator	28 detik	Mencakup gali, swing, dumping, dan kembali.
Fill factor	0,85	Material sirtu relatif mudah digali.
Efisiensi kerja	0,70	Memperhitungkan manuver, istirahat, cuaca, dan hambatan lapangan.
Produktivitas excavator	±61 m <sup>3</sup> /jam	Kapasitas loading teoritis.
Kapasitas dump truck	6 m <sup>3</sup> /unit	Kapasitas bak rata-rata angkutan lokal.
Cycle time truck	35 menit/rit	Meliputi loading, hauling, dumping, dan kembali.
Produktivitas 1 truck	±10,3 m <sup>3</sup> /jam	Menjadi pembatas sistem produksi jika jumlah truck kurang.
Truck minimum agar seimbang	±6 unit	Diperlukan untuk mengimbangi kapasitas excavator.
Kondisi 3 truck	±31 m <sup>3</sup> /jam	Bottleneck berada pada pengangkutan.

Temuan pada Tabel 2 penting karena keputusan produksi sering kali keliru jika hanya berfokus pada penambahan bukaan atau penambahan alat gali. Perhitungan menunjukkan bahwa perbaikan produksi lebih tepat diarahkan pada pengaturan ritase, pengurangan waktu tunggu, perbaikan akses hauling, perawatan rem dan ban, serta sinkronisasi jadwal truck. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip perencanaan tambang yang menempatkan keseimbangan alat, keselamatan jalur angkut, dan pencatatan produksi sebagai bagian dari manajemen operasional (Chen et al., 2025; Goli, 2025; Moniri-Morad et al., 2024).

Dari sudut pandang lingkungan, produktivitas yang tidak seimbang juga berpotensi meningkatkan lahan terganggu tanpa peningkatan output aktual. Apabila excavator memiliki kapasitas lebih tinggi daripada sistem angkut, material dapat menumpuk di stockpile sementara, meningkatkan risiko longsor material, limpasan berlumpur, dan sedimentasi. Oleh karena itu, efisiensi alat harus dibaca bersama dengan pengendalian drainase, pembatasan area terbuka, pengelolaan stockpile, dan perlindungan koridor air (Deng et al., 2026; Hemmler et al., 2024; Mia et al., 2026; Tripathi et al., 2025).

### Evaluasi K3L dan kesiapan keselamatan lapangan

Penilaian risiko K3L menunjukkan bahwa aktivitas penggalian, pemuatan, pengangkutan, dan kegiatan dekat alur drainase memiliki risiko awal tinggi. Pada penggalian sirtu, potensi bahaya utama adalah longsoran tebing, tertimbun material, dan pekerja berada dalam radius ayunan excavator. Pada pemuatan, bahaya utama berupa tabrakan alat, material jatuh, dan blind spot operator. Pada pengangkutan, risiko meliputi debu, tumpahan material, truck terbalik, dan konflik penggunaan jalan. Risiko tersebut umum terjadi pada operasi tambang terbuka yang melibatkan alat berat dan jalur angkut, sehingga harus dikendalikan melalui pendekatan hirarki pengendalian risiko, inspeksi alat, pengendalian rute, teknologi pemantauan, serta penguatan perilaku aman (Beş et al., 2025; Cepreaga Moldoveanu & Moraru, 2024; Goli, 2025; Moniri-Morad et al., 2024; Myers et al., 2025).

**Tabel 3.** Ringkasan risiko K3L dan pengendalian prioritas.

Aktivitas	Risiko Awal	Pengendalian prioritas	Risiko Sisa
Mobilisasi ke lokasi	Sedang	Rambu kecepatan, inspeksi kendaraan, batas 20 km/jam, pengaturan jam angkut.	Rendah-sedang
Penggalian sirtu	Tinggi	Zona larangan radius alat, lereng aman, spotter, SOP penggalian bertahap.	Sedang
Pemuatan ke truck	Tinggi	Area loading steril, komunikasi isyarat, rompi reflektif, alarm mundur, inspeksi blind spot.	Sedang
Pengangkutan material	Tinggi	Penutup bak, penyiraman jalan, batas muatan, perawatan rem, rute angkut tetap.	Sedang
Stockpile sementara	Sedang	Pembatasan tinggi stockpile, parit keliling, sediment trap, jarak aman dari drainase.	Rendah-sedang
Kegiatan dekat alur/drainase	Tinggi	Larangan kerja saat hujan lebat, jalur aman, kolam pengendap, pemantauan kekeruhan.	Sedang

Selain risiko aktivitas, kesiapan K3 lapangan juga belum optimal. Kepatuhan penggunaan APD seperti helm, sepatu keselamatan, rompi, dan masker diperkirakan baru sekitar 55%. Rambu keselamatan pada pintu masuk, area loading, stockpile, dan jalur truck belum memadai. SOP tertulis untuk excavator dan dump truck belum terlihat di area kerja, sementara fasilitas tanggap darurat seperti kotak P3K, APAR, jalur evakuasi, titik kumpul, dan nomor darurat masih perlu dipastikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa K3 belum menjadi sistem yang terdokumentasi dan diawasi secara konsisten.

Dalam kerangka GMP, pengendalian K3 tidak cukup dilakukan melalui penyediaan APD, tetapi harus meliputi safety induction, toolbox meeting, inspeksi harian, penunjukan penanggung jawab K3, pencatatan insiden dan near miss, serta evaluasi berkala. Kajian terbaru menunjukkan bahwa pengurangan kecelakaan pada kegiatan loading-hauling-dumping memerlukan kombinasi prosedur sederhana, pelatihan rutin, komunikasi operator, pemantauan kondisi alat, dan pengawasan konsisten terhadap kepatuhan pekerja (Cepreaga Moldoveanu & Moraru, 2024; Moniri-Morad et al., 2024; Myers et al., 2025). Oleh karena itu, rekomendasi

utama adalah menyusun SOP operasi alat berat, menetapkan jalur aman dan jalur evakuasi, memasang rambu permanen dan portabel, serta menerapkan checklist APD harian.

### **Reklamasi, pengendalian lingkungan, dan pascatambang**

Pengelolaan lingkungan pada penambangan sirtu harus dimulai sejak tahap eksplorasi dan persiapan operasi. Temuan lapangan menunjukkan bahwa saluran pengarah, check dam, dan sediment trap belum tersedia secara memadai. Kondisi ini meningkatkan risiko sedimen keluar dari area kerja ketika hujan, terutama pada area terbuka, stockpile, akses kerja, dan zona dekat drainase. Pengendalian lingkungan perlu diarahkan pada pembatasan lahan terganggu, pengelolaan tanah pucuk, pembangunan drainase keliling, pengendapan sedimen sebelum outlet, dan revegetasi cepat pada area yang tidak aktif (Deng et al., 2026; Tripathi et al., 2025).

Tabel 4 menegaskan bahwa reklamasi tidak boleh menunggu kegiatan berakhir. Reklamasi progresif dapat dimulai sejak pra-pembukaan melalui inventarisasi vegetasi dan penentuan bank tanah pucuk, kemudian dilanjutkan saat pembukaan dengan pemisahan tanah pucuk dan sediment trap, dilanjutkan pada blok tidak aktif melalui perataan lereng, penambahan topsoil, dan penanaman cover crop. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip mine closure yang menekankan keterpaduan antara perencanaan tambang, pengendalian risiko, biaya lingkungan, pemulihan ekologis, dan pemanfaatan akhir lahan (Mackenzie & Naeth, 2024; Oliveros-Sepúlveda et al., 2025).

Pengelolaan tanah pucuk perlu mendapat perhatian khusus. Pada area vegetasi dan semak, ketebalan tanah pucuk diperkirakan 10-20 cm. Tanah pucuk harus dikupas terpisah dan disimpan pada lokasi yang tidak terkena limpasan langsung. Timbunan yang terlalu tinggi atau terlalu lama dapat menurunkan kualitas tanah, sehingga perlu drainase kecil, penutup vegetatif, dan jadwal pemanfaatan kembali sesegera mungkin. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa cara penyelamatan, kedalaman penempatan, durasi penimbunan, dan kondisi biogeokimia topsoil sangat menentukan keberhasilan revegetasi pada lahan bekas tambang (Ledesma et al., 2025; Mackenzie & Naeth, 2024). Dengan demikian, reklamasi tidak hanya dipahami sebagai penanaman, tetapi juga sebagai rekayasa pemulihan fungsi lahan.

**Tabel 4.** Rekomendasi reklamasi dan pengelolaan lingkungan.

Komponen	Temuan/Kebutuhan	Rekomendasi teknik	Indikator keberhasilan
Batas area kerja	Patok batas dan area bukaan belum jelas.	Pasang patok batas, pita area kerja, dan peta operasional.	Tidak ada aktivitas di luar area izin.
Tanah pucuk	Berpotensi tercampur material sirtu.	Kupas 10-20 cm, simpan terpisah, tinggi timbunan maksimal 1,5-2 m.	Topsoil tersedia untuk revegetasi.
Drainase	Saluran pengarah dan kolam pengendap belum memadai.	Bangun saluran keliling, check dam kecil, dan sediment trap.	Sedimen tertahan sebelum outlet.
Erosi	Area terbuka rentan tererosi saat hujan.	Bukaan bertahap, mulsa, cover crop, dan penanaman cepat.	Tidak terbentuk alur erosi besar.
Revegetasi	Tanaman lokal perlu diidentifikasi.	Gunakan vetiver, gamal, sengon, kaliandra, dan tanaman lokal bernilai ekonomi.	Hidup tanaman minimal 80% setelah 3-6 bulan.
Pascatambang	Peruntukan akhir lahan belum dirinci.	Arahkan ke ruang hijau produktif, agroforestry, kebun masyarakat, atau kolam retensi terbatas jika aman.	Lahan aman, stabil, dan bermanfaat.

### **Kepatuhan regulasi dan evaluasi Good Mining Practice**

Hasil pemetaan kepatuhan menunjukkan bahwa aspek legal awal telah tersedia melalui IUP Eksplorasi, tetapi status aktif, masa berlaku, perpanjangan, peta WIUP final, dan dokumentasi patok batas perlu diverifikasi. Dokumen lingkungan seperti UKL-UPL, AMDAL, atau SPPL belum ditampilkan dalam ringkasan laporan. Selain itu, data laporan eksplorasi belum lengkap karena belum mencakup test pit, uji gradasi, ketebalan endapan, dan estimasi sumber daya resmi. Jika kegiatan ditingkatkan ke tahap operasi produksi, rencana kerja atau RKAB, ketersediaan KTT/PJO/tenaga teknis, rencana reklamasi, dan jaminan reklamasi-pascatambang harus dipastikan sesuai ketentuan. Penguatan kepatuhan juga relevan dengan temuan bahwa tata kelola formal, pengawasan ruang, dan mekanisme kelembagaan menentukan keberlanjutan kegiatan ekstraktif skala lokal (Arsyad et al., 2023; Ganie & Bhat, 2024; Khadka et al., 2024).

**Tabel 5.** Matriks kesenjangan tata kelola dan solusi keinsinyuran.

Aspek	Kesenjangan utama	Solusi keinsinyuran	Prioritas
Status izin dan dokumen	Masa berlaku, peta WIUP, dokumen lingkungan, dan jaminan belum tervalidasi lengkap.	Audit dokumen izin, sinkronisasi sistem perizinan, dan penyusunan matriks kepatuhan.	1 bulan
Data sumber daya	Estimasi masih indikatif; belum ada test pit dan uji laboratorium.	Survei topografi, test pit, sampling, uji gradasi, kadar lumpur, dan berat isi.	1-3 bulan
Drainase dan sedimentasi	Belum ada sistem pengendalian limpasan yang memadai.	Saluran pengarah, sediment trap, check dam, dan jadwal pembersihan sedimen.	Sebelum operasi intensif
Risiko K3 alat berat	SOP, rambu, APD, spotter, dan tanggap darurat belum konsisten.	Safety induction, toolbox meeting, SOP alat berat, batas kecepatan, dan inspeksi harian.	Segera
Reklamasi	Bank tanah pucuk dan rencana reklamasi rinci belum tersedia.	Reklamasi progresif, revegetasi tanaman lokal, dan pemantauan keberhasilan.	Berjalan selama kegiatan
Pencatatan teknis	Log produksi, ritase, jam alat, APD, dan insiden belum sistematis.	Logbook harian dan rekap bulanan untuk evaluasi dan pelaporan.	Segera

Tabel 5 memperlihatkan bahwa rekomendasi perbaikan harus diprioritaskan secara bertahap. Prioritas paling mendasar adalah validasi izin dan dokumen karena menentukan legalitas kegiatan. Setelah itu, data sumber daya harus diperkuat agar rencana bukaan, target produksi, kebutuhan alat, dan rencana reklamasi berbasis data. Drainase dan sedimentasi harus dibangun sebelum operasi intensif karena risiko lingkungan dapat muncul sejak pembukaan lahan pertama. Pada saat bersamaan, K3 harus segera diterapkan karena risiko alat berat bersifat langsung dan dapat menimbulkan kecelakaan fatal. Prinsip ini konsisten dengan GMP yang menggabungkan legalitas, teknis, K3, lingkungan, dan pelaporan dalam satu sistem pengelolaan (Goli, 2025; Mia et al., 2026; Moniri-Morad et al., 2024).

Dari perspektif praktik keinsinyuran, kontribusi utama evaluasi ini adalah mengubah temuan lapangan menjadi tindakan teknis yang terukur. Contohnya, data vegetasi dan area prospek diterjemahkan menjadi pembatasan bukaan dan penentuan zona buffer; analisis alat diterjemahkan menjadi kebutuhan truck dan pengaturan ritase; risiko K3 diterjemahkan menjadi SOP, spotter, dan rambu; sedangkan temuan reklamasi diterjemahkan menjadi bank topsoil, sediment trap, dan target keberhasilan revegetasi. Dengan demikian, insinyur berperan sebagai penghubung antara persyaratan regulasi, kaidah teknis, dan implementasi lapangan. Pendekatan teknis yang berbasis data juga mendukung efisiensi pemanfaatan agregat dan pengurangan tekanan lingkungan sebagaimana ditekankan pada kajian agregat konstruksi dan ekonomi sirkular bahan tambang (de Bortoli, 2023; Sulista et al., 2023).

Secara umum, tingkat penerapan GMP di CV. Ria Bersaudara dapat dikategorikan belum matang karena masih banyak komponen yang berada pada status perlu perbaikan. Namun, kondisi ini masih dapat diperbaiki karena objek berada pada tahap eksplorasi dan belum sepenuhnya terkunci dalam pola operasi yang sulit diubah. Intervensi awal yang paling realistis adalah audit dokumen, pemetaan batas, validasi sumber daya, pengendalian drainase, penguatan K3, dan reklamasi progresif. Jika langkah-langkah tersebut dilaksanakan, kegiatan penambangan sirtu dapat bergerak menuju operasi yang lebih aman, efisien, legal, dan berkelanjutan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Evaluasi tata kelola penambangan sirtu pada CV. Ria Bersaudara menunjukkan bahwa perusahaan telah memiliki dasar legal berupa IUP Eksplorasi galian C sirtu seluas 12,5 ha, tetapi penerapan Good Mining Practice masih memerlukan penguatan pada aspek data teknis, batas wilayah, rencana bukaan, pengelolaan lingkungan, K3L, reklamasi, dan kepatuhan dokumen. Estimasi sumber daya masih bersifat indikatif, yaitu sekitar 21.600 m<sup>3</sup> atau 35.640 ton pada area efektif uji lanjut 1,80 ha, sehingga belum dapat dijadikan dasar final sebelum dilakukan survei topografi, test pit, sampling, dan uji laboratorium.

Analisis produktivitas alat menunjukkan bahwa excavator memiliki kapasitas loading sekitar 61 m<sup>3</sup>/jam, sedangkan satu dump truck hanya sekitar 10,3 m<sup>3</sup>/jam. Ketidakseimbangan ini menunjukkan bottleneck pada sistem pengangkutan, sehingga perbaikan operasi sebaiknya diarahkan pada pengaturan ritase, perbaikan akses, penambahan atau penjadwalan truck, dan pencatatan produksi harian. Analisis K3L menunjukkan risiko tinggi pada penggalian, pemuatan, pengangkutan, dan kegiatan dekat alur drainase, sementara kepatuhan APD masih sekitar 55%. Oleh karena itu, SOP, safety induction, rambu, spotter, APD lengkap, batas kecepatan, dan sistem tanggap darurat harus segera diterapkan.

Saran utama dari penelitian ini adalah perusahaan perlu melakukan audit dokumen izin dan kepatuhan, memasang patok batas dan peta kerja, melengkapi data eksplorasi teknis, membangun drainase dan sediment trap sebelum operasi intensif, menyusun SOP K3L, menerapkan reklamasi progresif, serta membangun logbook harian untuk produksi, jam kerja alat, ritase, cuaca, APD, insiden, dan kegiatan lingkungan. Pemerintah daerah dan instansi teknis perlu memperkuat pembinaan dan pengawasan agar kegiatan penambangan sirtu dapat berjalan legal, aman, efisien, dan berwawasan lingkungan. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan pengujian laboratorium material, pengukuran kualitas air, analisis biaya reklamasi, serta evaluasi sosial-ekonomi masyarakat sekitar tambang.

**DAFTAR REFERENSI**

- Arsyad, A., Arifin, M. A., Ihsan, M., Jamaluddin, Hamzah, Rauf, A., Bauna, R., Reno, Nurhikmah, & Latif, A. (2025). Characteristics of Saddang River sand, Pinrang Regency, South Sulawesi, Indonesia based on grain gradation, mud content and specific gravity. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 10(1), 76–82. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2025.10.1.18019>
- Arsyad, A., Bauna, R., Hamzah, Arifin, M. A., Jamaluddin, Nurdirman, E., & Reno. (2023). Management of the Saddang River sand mining area, Pinrang Regency, South Sulawesi. *Indonesian Journal of Applied and Industrial Sciences*, 2(4). <https://doi.org/10.55927/esa.v2i4.6159>
- Arsyad, A., Rukmana, D., Salman, D., Alimuddin, I., Arifin, M. A., Jamaluddin, Hamzah, Nurdirman, E., Ihsan, M., Bauna, R., Reno, & Tinta, Y. (2024). Economic value and environmental impact of Saddang River sand mining, Pinrang Regency, South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 11(2), 5495–5508. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.112.5495>
- Asare, K. Y., Dawson, K., & Hemmler, K. S. (2023). A sand-security nexus: Insights from peri-urban Accra, Ghana. *The Extractive Industries and Society*, 15, 101322. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101322>
- Baker, M., et al. (2024). Resource nexus perspectives in the blue economy of India: The case of sand mining in Kerala. *Environmental Science & Policy*, 151, 103617. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.103617>
- Beś, P., et al. (2025). Innovative technologies to improve occupational safety in mining and construction. *Sensors*, 25(16), 5201. <https://doi.org/10.3390/s25165201>
- Cepreaga Moldoveanu, R., & Moraru, R. I. (2024). Occupational safety risk assessment for Wola heavy-duty machinery operator in a Romanian diabase open-pit mine. *Mining Revue*, 30(1), 1–11. <https://doi.org/10.2478/minrv-2024-0001>
- Chen, G., et al. (2025). Coordinated truck–shovel allocation for heterogeneous diesel–electric fleets in open-pit mines. *Applied Sciences*, 15(24), 13284. <https://doi.org/10.3390/app152413284>
- de Bortoli, A. (2023). Understanding the environmental impacts of virgin aggregates: Critical literature review and primary comprehensive life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production*, 415, 137629. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137629>
- Deng, S., Liu, Y., Zhou, J., & Wang, X. (2026). Investigating impacts of sand mining on river flood and morphological processes. *Water*, 18(3), 342. <https://doi.org/10.3390/w18030342>
- Ganie, J. A., & Bhat, M. Y. (2024). Sand mining in BRICS economies: Tragedy of the commons or fortune in the making? *Journal of Cleaner Production*, 434, 140122. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140122>
- Goli, M. (2025). A simulation-based risk assessment model for open-pit mining operations. *Applied Sciences*, 15(17), 9702. <https://doi.org/10.3390/app15179702>
- Hatlebakk, M. (2023). River sand mining as a livelihood activity: The case of Nepal. *The Extractive Industries and Society*, 14, 101266. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101266>

- Hemmler, K. S., Asare, K. Y., Tenkorang, E. Y., & Buerkert, A. (2024). Sand mining deteriorates soil fertility and farming livelihoods around Accra, Ghana. *Scientific Reports*, 14, 17063. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66656-z>
- Khadka, S., Puri, S., Bhattarai, P., Magar, K. R., Khatri, A., & Sayami, D. (2024). Understanding the interrelations between natural resources and development governance in federal Nepal. *World Development Perspectives*, 34, 100597. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2024.100597>
- Latif, I. N., Stephanie, A. O., Amos, A., Damian, T. D., William, J. A., & Bernard, N. B. (2023). Effect of sand mining on riparian landcover transformation in Dallung-Kukou Catchment of the White Volta basin, Ghana. *Heliyon*, 9(8), e18428. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18428>
- Ledesma, J., Neilson, J. W., Maier, R. M., Babst-Kostecka, A., & Rasmussen, C. (2025). Effects of stockpiling on topsoil biogeochemistry for semiarid mine reclamation. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 42, 15–26. <https://doi.org/10.1007/s42461-024-01164-2>
- Li, X., Liu, Z., Li, J., Tao, H., Li, J., Liu, Z., Wang, Y., & Guo, Y. (2025). Ecological security as the key to sustainable development in mining resource-based cities: A case study from China on evolutionary pattern, influencing factors, and future trends. *Habitat International*, 103609. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2025.103609>
- Mackenzie, D. D., & Naeth, M. A. (2024). Forest topsoil salvage and placement depth affects oil sands reclamation in the boreal forest. *PLOS ONE*, 19(7), e0306018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306018>
- Mia, M., Karikar, B. A., Mohibul, S., Ali, M. I., Khanam, N., & Siddiqui, L. (2026). Environmental and socio-economic impacts of river sand and gravel mining: A review. *Environmental Management*, 76(3), 76. <https://doi.org/10.1007/s00267-025-02370-4>
- Moniri-Morad, A., Shishvan, M. S., Aguilar, M., Goli, M., & Sattarvand, J. (2024). Powered haulage safety, challenges, analysis, and solutions in the mining industry: A comprehensive review. *Results in Engineering*, 21, 101684. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101684>
- Myers, N. T., Hall, N. B., Saif, N. T., & Laney, A. S. (2025). Powered haulage fatalities in Appalachian coal mines. *Journal of Appalachian Health*, 6(4), 4–9. <https://doi.org/10.13023/jah.0604.02>
- Oliveros-Sepúlveda, D., et al. (2025). Environmental and closure costs in strategic mine planning. *Resources*, 14(3), 41. <https://doi.org/10.3390/resources14030041>
- Rangel-Buitrago, N., Neal, W., Pilkey, O., & Longo, N. (2023). The global impact of sand mining on beaches and dunes. *Ocean & Coastal Management*, 235, 106492. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106492>
- Rousseau, J. F., & Marschke, M. (2023). (In)visible fluidities across sandscapes: Sand dredging and local socioenvironmental impacts along the Red and Mekong Rivers. *The Extractive Industries and Society*, 14, 101261. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101261>
- Shitima, C., & Suykens, B. (2023). Formalization of sand mining in Dar es Salaam, Tanzania. *Resources Policy*, 82, 103589. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103589>

- Sulista, S., Rosyid, F. A., & Wibowo, A. P. (2023). Turning waste into profit: Circular economic optimization of quartz sand from tin mining and processing. *Sustainable Production and Consumption*, 39, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.05.002>
- Tripathi, I. M., Mahto, S. S., Bhagat, C., Modi, A., Jain, V., & Mohapatra, P. K. (2025). A review of river sand mining: Methods, impacts, and implications. *Next Research*, 1, 100149. <https://doi.org/10.1016/j.nexres.2025.100149>
- Zhao, Y., Naeth, M. A., Wilkinson, S. R., & Dhar, A. (2024a). Phytoremediation of metals in oil sands process affected water by native wetland species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 282, 116732. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116732>
- Zhao, Y., Naeth, M. A., Wilkinson, S. R., & Dhar, A. (2024b). Potential of biochar and humic substances for phytoremediation of trace metals in oil sands process affected water. *Chemosphere*, 142375. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142375>