

Desain Geometri Lereng Penambangan Batubara Terbuka Serta Mitigasi Risiko K3 dan Lingkungan di Pit X3 PT. DBS

Denny Boy Sitanggang¹, Yanto²

^{1,2} Program Studi Program Profesi Isinyur, Unika Atmajaya Jakarta
e-mail: dennyboy.dbs@gmail.com

Abstrak

Stabilitas lereng merupakan aspek kritis dalam kegiatan penambangan batubara terbuka karena berkaitan langsung dengan keselamatan pekerja, keberlangsungan operasi, produktivitas alat, dan pengelolaan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian implementasi desain geometri lereng serta efektivitas mitigasi risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan lingkungan terhadap potensi kelongsoran di Pit X3 PT. DBS. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi kasus. Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara mendalam dengan *key informants* yang terdiri atas *Geotechnical Engineer*, *Mine Operation/Pit Supervisor*, dan *HSE/K3 Officer*, serta studi dokumentasi terhadap *mine plan design*, *cross-section*, laporan inspeksi geoteknik, SOP K3, dan dokumen terkait. Analisis data dilakukan melalui reduksi data, penyajian data, serta penarikan dan verifikasi kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan adanya deviasi antara desain geometri awal dan kondisi aktual di lapangan. Tinggi jenjang yang direncanakan 8 meter terealisasi sekitar 8,5–9,5 meter, lebar jenjang 4 meter menjadi 2,5–3,5 meter, sedangkan sudut jenjang 65° menjadi 68–73°. Deviasi tersebut dipengaruhi oleh variasi struktur geologi lokal, curah hujan, dan kondisi operasional. Mitigasi dilakukan melalui *engineering control*, pengawasan administratif berbasis HIRADC, sistem pemantauan menggunakan prisma *Total Station*, serta pengelolaan tata air melalui *diversion channel*, kolam pengendap, dan *dewatering*. Temuan menunjukkan bahwa integrasi pengendalian geometri, monitoring, pengawasan K3, dan pengelolaan tata air diperlukan untuk mengurangi potensi kegagalan lereng serta mendukung kegiatan pertambangan yang aman dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Desain Geometri Lereng, Lingkungan, Mitigasi Risiko K3, Penambangan Batubara

Abstract

Slope stability is a critical aspect of open-pit coal mining because it is directly related to worker safety, operational continuity, equipment productivity, and environmental management. This study aims to evaluate the conformity of slope geometry design implementation and the effectiveness of Occupational Health and Safety (OHS) and

environmental risk mitigation against potential slope failures at Pit X3 of PT. DBS. The study employed a descriptive qualitative approach using a case study method. Data were collected through field observations, in-depth interviews with key informants consisting of a Geotechnical Engineer, Mine Operation/Pit Supervisors, and an HSE/OHS Officer, as well as document reviews of the mine plan design, cross-sections, geotechnical inspection reports, OHS procedures, and related documents. Data were analyzed through data reduction, data display, and conclusion drawing and verification. The findings indicate deviations between the initial slope geometry design and actual field conditions. The planned bench height of 8 meters was implemented at approximately 8.5–9.5 meters, the planned berm width of 4 meters decreased to 2.5–3.5 meters, while the planned bench angle of 65° increased to 68–73°. These deviations were influenced by variations in local geological structures, rainfall intensity, and operational conditions. Risk mitigation was implemented through engineering controls, HIRADC-based administrative controls, monitoring using Total Station prisms, and water management through diversion channels, sedimentation ponds, and dewatering systems. The findings demonstrate that integrating geometry control, slope monitoring, OHS supervision, and water management is essential to reducing the potential for slope failure and supporting safe and sustainable mining operations.

Keywords : *Slope Geometry Design, Environment, OHS Risk Mitigation, Coal Mining*

LATAR BELAKANG

Sistem penambangan batubara terbuka (*open pit mining*) merupakan metode yang paling masif diterapkan di Indonesia karena tingkat perolehan (*recovery*) cadangan yang tinggi. Namun, metode ini secara niscaya melibatkan aktivitas pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*) bervolume besar yang berdampak langsung pada perubahan rona topografi dan pembentukan lereng-lereng tambang buatan. Berdasarkan fakta empiris di industri pertambangan, longsor lereng tambang merupakan salah satu risiko kecelakaan kerja terbesar (*major hazard*) yang dapat mengakibatkan kerusakan alat berat, berhentinya rantai produksi, kerusakan lingkungan, hingga *fatality* (korban jiwa). Oleh karena itu, stabilitas lereng tidak sekadar menjadi isu keteknikan, melainkan pilar utama dalam pemenuhan pilar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta kelestarian lingkungan.

Di Pit X3 PT. DBS, dinamika operasional penambangan yang terus bergerak mendalam menghadirkan tantangan geoteknik dan lingkungan yang sangat kompleks. Permasalahan utama yang terjadi adalah adanya disparitas antara desain geoteknik konseptual dengan realisasi pembentukan geometri lereng di lapangan akibat variasi struktur geologi lokal dan tingginya intensitas curah hujan. Kondisi ini memicu degradasi kekuatan massa batuan dan meningkatkan tekanan air pori, yang secara langsung melemahkan kestabilan lereng. Jika dimensi lereng—seperti tinggi jenjang (*bench height*) dan sudut lereng (*slope angle*)—tidak dikontrol dan dievaluasi secara ketat sesuai kondisi aktual, potensi kegagalan lereng (*slope failure*) akan meningkat drastis. Ancaman ini tidak hanya membahayakan pekerja di *front* penambangan, tetapi juga berisiko memicu dampak lingkungan seperti limpasan air asam tambang dan sedimentasi akibat material longsor.

Secara teoritis, perancangan dan pengawasan geometri lereng harus berpedoman pada *Good Mining Practice* (Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik) yang diamanatkan dalam Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Kajian kestabilan lereng tambang tidak hanya dapat dilihat melaluiacamata perhitungan matematis (kuantitatif), melainkan sangat bergantung pada evaluasi kualitatif terhadap kedisiplinan implementasi Prosedur Operasional Standar (SOP). Dalam literatur manajemen risiko K3, mitigasi bahaya longsor dianalisis menggunakan kerangka *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). Kerangka ini menuntut adanya hierarki pengendalian yang berjenjang, mulai dari kontrol rekayasa teknis (*engineering control*) melalui pembentukan geometri yang presisi dan sistem penyaliran tambang (*mine drainage*), hingga kontrol administratif berupa inspeksi geoteknik rutin dan pemasangan sistem pemantauan (*monitoring*).

Merespons kompleksitas permasalahan di Pit X3 PT. DBS, ide utama dari penelitian ini adalah melakukan evaluasi mendalam mengenai implementasi desain geometri lereng dan strategi mitigasi risikonya melalui pendekatan kualitatif. Berbeda dengan pendekatan kuantitatif yang umumnya hanya berfokus pada simulasi angka Faktor Keamanan (*Safety Factor*), penelitian ini menawarkan kebaruan (*novelty*) praktis dengan memotret kesesuaian antara perencanaan teknis, kepatuhan operasional di lapangan, dan efektivitas regulasi K3 yang dijalankan oleh manajemen tambang. Evaluasi kualitatif ini menjadi krusial sebagai wujud tanggung jawab keprofesian insinyur dalam memastikan operasi tambang yang aman dan berkelanjutan.

Berdasarkan deskripsi permasalahan dan landasan pemikiran tersebut, penelitian ini memiliki tiga tujuan utama, yaitu: (1) mendeskripsikan kesesuaian implementasi desain geometri lereng di Pit X3 PT. DBS terhadap standar teknis yang berlaku, (2) mengevaluasi efektivitas prosedur mitigasi risiko K3 dan pengelolaan lingkungan terkait bahaya kelongsoran lereng, serta (3) merumuskan rekomendasi strategis perbaikan operasional dan administratif yang sejalan dengan kode etik serta praktik keinsinyuran profesional.

METODE

Rancangan Kegiatan

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus (*case study*) yang dilaksanakan di area operasional Pit X3 PT. DBS. Rancangan kegiatan penelitian dieksekusi melalui beberapa tahapan sistematis yang mencakup: (1) Tahap persiapan, meliputi studi literatur dan perumusan matriks observasi terkait desain lereng dan standar K3; (2) Tahap orientasi lapangan, untuk memetakan kondisi aktual geometri lereng (tinggi dan lebar jenjang, serta sudut lereng) dan pengelolaan lingkungan (*drainase*); (3) Tahap pengumpulan data intensif melalui interaksi langsung dengan narasumber dan observasi operasional; serta (4) Tahap analisis dan sintesis data untuk menghasilkan rekomendasi keinsinyuran yang aplikatif.

Pemilihan Responden dan Khalayak Sasaran

Mengingat penelitian ini bersifat kualitatif teknis, penentuan responden tidak menggunakan perhitungan sampel statistik, melainkan menggunakan teknik *purposive sampling* (sampel bertujuan). Responden dipilih berdasarkan tingkat kepakaran,

kewenangan, dan keterlibatan langsung dalam operasional di Pit X3 PT. DBS. Khalayak sasaran (*key informants*) terdiri dari:

1. *Geotechnical Engineer* (1 orang): Untuk menggali informasi mengenai parameter desain lereng awal dan kendala teknis massa batuan.
2. *Mine Operation / Pit Supervisor* (2 orang): Untuk mengevaluasi proses eksekusi pembentukan geometri lereng dan tantangan produktivitas alat mekanis.
3. *HSE / K3 Officer* (1 orang): Untuk memvalidasi efektivitas prosedur mitigasi bahaya longsor, SOP, dan penanganan lingkungan.

Bahan, Alat, dan Desain Alat Penelitian

Dalam metode kualitatif pada disiplin ilmu keinsinyuran, "alat penelitian" mencakup instrumen pengumpul data kualitatif dan evaluasi terhadap alat ukur teknis di lapangan.

1. **Bahan:** Meliputi Peta Rencana Penambangan (*Mine Plan Design*), laporan harian inspeksi geoteknik, Prosedur Operasional Standar (SOP) K3 PT. DBS, dan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018.
2. **Alat Utama (Instrumen Kualitatif):**
 - a. **Panduan Wawancara Mendalam (*In-depth Interview Guide*):** Didesain secara semi-terstruktur untuk menggali gap (kesenjangan) antara rencana desain dengan realisasi lapangan.
 - b. **Lembar Daftar Tilik Observasi (*Observation Checklist*):** Dirancang untuk memvalidasi indikator visual kestabilan lereng (seperti retakan/ *tension crack*, rembesan air) dan infrastruktur K3 (rambu peringatan, tanggul pengaman/ *safety berm*).
3. **Evaluasi Alat Teknis (Kinerja dan Produktivitas):** Observasi kualitatif juga mengkaji kinerja dan efektivitas alat pemantauan lereng (*slope monitoring tools*) seperti prisma *Total Station* dan unit pompa *dewatering* di Pit X3. Produktivitas alat-alat operasional ini diukur secara deskriptif berdasarkan keandalannya dalam memberikan *early warning system* (sistem peringatan dini) terhadap potensi kegagalan lereng, yang secara langsung mencegah berhentinya waktu kerja produktif (*delay time*) alat berat (ekskavator dan *dump truck*).

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data kualitatif dilakukan melalui teknik triangulasi untuk menjaga keabsahan data, yang terdiri atas:

1. **Observasi Lapangan (*Field Observation*):** Mengamati secara langsung kondisi aktual pembentukan geometri jenjang (*bench*) dan efektivitas pengelolaan lingkungan (seperti kolam pengendap lumpur dan saluran pengelak air) di Pit X3 PT. DBS.
2. **Wawancara Mendalam (*In-depth Interview*):** Melakukan tanya jawab intensif dan terbuka dengan para *key informants* untuk mengetahui akar masalah ketidaksesuaian desain (jika ada) serta kendala implementasi mitigasi K3 di lapangan.
3. **Studi Dokumentasi:** Melakukan komparasi data sekunder berupa *cross-section* lereng aktual (hasil survei) dengan desain perencanaan awal, serta menelaah laporan investigasi insiden geoteknik historis.

Teknik Analisis Data

Data kualitatif yang diperoleh dianalisis menggunakan model interaktif (Miles, Huberman, dan Saldana), yang terdiri dari tiga alur kegiatan utama:

1. **Reduksi Data (*Data Condensation*)**: Menyeleksi, menyederhanakan, dan memfokuskan data mentah dari transkrip wawancara dan catatan lapangan pada isu-isu krusial terkait geometri lereng, deviasi operasional, dan kepatuhan K3.
2. **Penyajian Data (*Data Display*)**: Menyajikan hasil reduksi data dalam bentuk matriks evaluasi kesesuaian desain, diagram alir mitigasi risiko (seperti modifikasi *hazard identification*), dan narasi deskriptif yang mengkomparasikan teori keinsinyuran dengan praktik lapangan.
3. **Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi (*Conclusion Drawing*)**: Merumuskan makna dari temuan lapangan terkait tingkat efektivitas desain geometri lereng dan implementasi mitigasi risiko K3 di Pit X3 PT. DBS. Kesimpulan ini kemudian divalidasi kembali kepada pakar (praktisi internal) untuk menghasilkan rekomendasi teknis dan manajerial yang komprehensif bagi perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi dan Evaluasi Kesesuaian Desain Geometri Lereng

Berdasarkan hasil orientasi lapangan dan observasi kualitatif yang dilakukan di front penambangan aktif Pit X3 PT. DBS, tahap awal pembentukan geometri lereng pada dasarnya telah diupayakan untuk mengacu pada Peta Rencana Penambangan (*Mine Plan Design*). Namun, pengumpulan data intensif melalui observasi dan komparasi dokumen *cross-section* menunjukkan adanya disparitas yang signifikan antara desain geoteknik konseptual dengan realisasi pembentukan geometri di lapangan. Hasil wawancara mendalam dengan *Geotechnical Engineer* dan *Mine Operation Supervisor* mengungkapkan bahwa deviasi ini sangat dipengaruhi oleh variasi struktur geologi lokal yang kompleks serta tingginya intensitas curah hujan di area operasional.

Tabel 1. Matriks Evaluasi Geometri Lereng di Pit X3 PT. DBS

Parameter Geometri	Desain Geoteknik Awal	Kondisi Aktual Lapangan	Keterangan Deviasi
Tinggi Jenjang (<i>Bench Height</i>)	8 Meter	8,5 - 9,5 Meter	Manuver alat mekanis yang melebihi batas elevasi galian.
Lebar Jenjang (<i>Berm Width</i>)	4 Meter	2,5 - 3,5 Meter	Penyempitan akibat penumpukan material guguran (<i>loose material</i>).
Sudut Jenjang (<i>Bench Angle</i>)	65 Derajat	68 - 73 Derajat	Pemotongan tebing yang terlalu curam akibat variasi litologi.

Tingginya curah hujan memicu infiltrasi air permukaan ke dalam rekahan batuan, yang secara bertahap meningkatkan tekanan air pori dan memicu degradasi kekuatan massa batuan. Kondisi ini menyebabkan dimensi lereng, khususnya tinggi jenjang (*bench height*) dan sudut lereng (*slope angle*), menjadi lebih rentan terhadap potensi kegagalan

lereng (*slope failure*). Secara kualitatif, indikator visual penurunan stabilitas ini terkonfirmasi dari temuan *observation checklist* di lapangan, di mana ditemukan adanya retakan tarik (*tension crack*) di *area crest* (puncak lereng) serta rembesan air tanah pada beberapa titik jenjang aktif. Ketidaksesuaian dimensi ini bukan sekadar isu teknis, melainkan berdampak langsung pada terganggunya produktivitas alat mekanis. Jika tidak dikontrol dan dievaluasi secara ketat, potensi kelongsoran lereng akan menjadi *major hazard* (bahaya utama) yang dapat mengakibatkan kerusakan unit ekskavator dan *dump truck* di front kerja, berhentinya rantai produksi, hingga ancaman *fatality* atau korban jiwa bagi pekerja. Lebih jauh, terhentinya rantai produksi akibat insiden geoteknik tidak hanya mendisrupsi target volume pemindahan batuan penutup (*overburden*), tetapi secara langsung mendistorsi model finansial operasi tambang, memicu lonjakan *cash cost* operasional, dan menggeser titik impas (*Break-Even Point*) dari proyeksi awal.

Evaluasi Implementasi Mitigasi Risiko K3 (Pendekatan HIRADC)

Dalam merespons ancaman kegagalan lereng, manajemen operasional di Pit X3 PT. DBS telah menerapkan kerangka *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). Berdasarkan hasil telaah dokumen dan wawancara dengan *HSE/K3 Officer*, pengendalian bahaya longsor dieksekusi melalui hierarki yang berjenjang:

1. Kontrol Rekayasa Teknis (Engineering Control):

Pembentukan infrastruktur keselamatan fisik menjadi lapis pertahanan pertama. Hasil observasi memvalidasi bahwa pembuatan tanggul pengaman (*safety berm*) telah diimplementasikan di sepanjang area front penambangan dan jalan angkut. Tanggul ini didesain sebagai penahan (*containment*) untuk mengunci material guguran agar tidak meluncur ke area kerja produktif. Selain itu, *engineering control* juga mencakup upaya perbaikan geometri secara bertahap (melandaikan sudut lereng) pada blok-blok batuan yang teridentifikasi memiliki *Safety Factor* (Faktor Keamanan) marginal.

2. Kontrol Administratif dan Pengawasan (Administrative Control):

Implementasi regulasi keselamatan pertambangan yang tertuang dalam Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 menuntut kepatuhan tingkat tinggi. Keberhasilan kontrol administratif ini sangat bergantung pada kedisiplinan dan kompetensi pengawasan operasional di lapangan. Prosedur Operasional Standar (SOP) terkait inspeksi geoteknik rutin telah dijalankan. Pelaksanaan pengawasan harian oleh personel yang memegang sertifikasi Pengawas Operasional Pertama (POP) dan Pengawas Operasional Menengah (POM) menjadi ujung tombak dalam mengidentifikasi deviasi geometri dan indikasi visual pergerakan tanah. Kewenangan pengawas lini pertama untuk menghentikan operasi secara temporer saat terdeteksi *tension crack* yang melebar merupakan bentuk kepatuhan terhadap kaidah teknik pertambangan yang baik (*Good Mining Practice*).

3. Sistem Pemantauan (Monitoring System):

Evaluasi terhadap kinerja alat pemantauan lereng menunjukkan hasil yang positif. Penggunaan prisma *Total Station* yang dipasang pada area lereng kritis terbukti andal dalam memberikan *early warning system* (sistem peringatan dini) terhadap pergerakan batuan. Data kualitatif dari *Geotechnical Engineer* mengonfirmasi bahwa peringatan dini dari instrumen ini berhasil menekan angka waktu tunda (*delay time*) operasional alat berat, karena evakuasi unit ekskavator dapat dilakukan secara terencana sebelum longsor.

benar-benar terjadi, sehingga kerusakan alat akibat tertimbun material longsoran dapat dicegah.

Mitigasi Dampak Lingkungan dan Sistem Penyaliran Tambang (*Mine Drainage*)

Kelongsoran lereng di sistem tambang terbuka bervolume besar secara niscaya menghasilkan dampak ikutan terhadap lingkungan sekitarnya. Material longsoran yang masuk ke badan air tambang berisiko besar memicu peningkatan laju sedimentasi dan mengubah karakteristik geokimia air, yang berpotensi menghasilkan limpasan air asam tambang. Berdasarkan observasi lapangan terhadap sistem tata air, strategi mitigasi lingkungan di Pit X3 PT. DBS difokuskan pada isolasi genangan air dari area kaki lereng (*toe*). Implementasi saluran pengelak air (*diversion channel*) terbukti cukup efektif dalam mengalihkan aliran air permukaan agar tidak masuk ke area bukaan tambang. Untuk menangani air yang sudah terlanjur masuk ke dasar tambang (*pit bottom*), instalasi kolam pengendap lumpur dan operasi unit pompa *dewatering* berfungsi mengelola debit air secara terkendali. Namun, hasil wawancara dengan Pit Supervisor mengindikasikan perlunya tinjauan periodik terhadap kapasitas unit pompa *dewatering*, terutama saat periode curah hujan ekstrem. Genangan air yang terlalu lama berada di dasar pit tidak hanya mengganggu operasional penggalian batubara, tetapi secara teknis akan mempercepat proses pelunakan (*softening*) pada batuan sedimen di kaki lereng, yang pada akhirnya dapat memicu keruntuhan rotasional. Pengelolaan lingkungan ini membuktikan bahwa stabilitas lereng dan tata air merupakan dua entitas yang saling bergantung dan tidak dapat dipisahkan dalam praktik keinsinyuran profesional.

Implikasi Temuan terhadap Praktik Keinsinyuran Profesional

Sintesis dari seluruh data kualitatif ini menghasilkan kesimpulan penting: kajian kestabilan lereng tambang tidak bisa hanya bersandar pada perhitungan simulasi kuantitatif di atas kertas. Evaluasi kualitatif terhadap kedisiplinan eksekusi desain oleh operator alat mekanis, validitas pembacaan alat pantau, dan penegakan regulasi K3 di lapangan adalah faktor penentu (*determinan*) sesungguhnya. Sebagai wujud tanggung jawab keprofesian, seorang insinyur pertambangan dituntut untuk tidak hanya mampu merancang desain lereng yang aman secara matematis, namun juga memastikan bahwa strategi pengendalian administratif (HIRADC) dan pengawasan operasional berjalan efektif. Integrasi antara perencanaan teknis, kepatuhan operasional di front penambangan, dan penegakan regulasi keselamatan merupakan kunci utama untuk menciptakan ekosistem penambangan batubara terbuka yang produktif, aman, dan berwawasan lingkungan.

SIMPULAN

Berdasarkan pendekatan kualitatif berbasis studi kasus yang telah dilakukan di area operasional Pit X3 PT. DBS, penelitian ini merangkum beberapa kesimpulan utama: Implementasi desain geometri lereng di lapangan masih menunjukkan adanya disparitas atau ketidaksesuaian dengan standar teknis konseptual. Kesenjangan dimensi lereng ini secara dominan dipengaruhi oleh faktor-faktor *determinan* kontekstual, khususnya variasi struktur geologi lokal serta tingginya intensitas curah hujan di area tambang. Kondisi geologis dan iklim tersebut berpotensi melemahkan kestabilan lereng, sehingga jika dimensi jenjang tidak dikontrol secara ketat, potensi kegagalan lereng (*slope failure*) dapat meningkat

drastis dan membahayakan pekerja di front penambangan. Meskipun terdapat tantangan geometris, prosedur mitigasi risiko K3 dan tata kelola lingkungan terbukti efektif dalam menekan potensi kegagalan lereng secara signifikan. Efektivitas mitigasi ini merupakan hasil dari integrasi yang solid antara pengawasan yang ketat terhadap kepatuhan desain operasional, pelaksanaan audit keselamatan kerja secara berkala, serta penegakan prosedur pengelolaan tata air dan mitigasi lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada jajaran manajemen PT. DBS atas wawasan industrinya. Apresiasi juga ditujukan kepada pimpinan dan civitas akademika Program Studi Profesi Insinyur Unika Atmajaya Jakarta serta seluruh kolega yang telah memberikan masukan, diskusi intelektual, serta dukungan moril maupun materiel yang sangat berarti bagi penyelesaian artikel ulasan literatur ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, R. (2025). Evaluasi parameter desain geometri lereng tambang batubara terbuka [Unpublished master's thesis]. Universitas Teknik Nusantara.
- Alditia, G., Ikhsan, S., & Umyana, A. (2025). Pengaruh informasi keuangan terhadap mitigasi risiko nilai tukar melalui strategi lindung nilai (hedging). *Jurnal Bina Akuntansi*, 12(2), 175–188. <https://doi.org/10.52859/jba.v12i2>
- Barasyid, A. B., & Setiawati, Y. (2023). Analisis pengaruh harga, PDB, dan nilai tukar terhadap ekspor batu bara Indonesia. *E-Journal Perdagangan Industri dan Moneter*, 6(3), 131–144.
- Bon, S. F., & Hartoko, S. (2022). The effect of dividend policy, investment decision, leverage, profitability, and firm size on firm value. *European Journal of Business and Management Research*, 7(3), 7–13.
- Christoffel, D. S. Y., & Wijaya, S. (2025). Efektivitas strategi hedging valuta asing dalam mitigasi risiko fluktuasi nilai tukar: Studi kasus PT Pertamina International Shipping. *Jurnalku*, 5(2), 184–192.
- Hanif, N., & Taufiq, M. (2023). Pengaruh nilai tukar, volume produksi, HBA, dan harga minyak dunia terhadap nilai ekspor batubara Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pembangunan STIE Muhammadiyah Palopo*, 9(1), 267–279.
- International Energy Agency. (2024). Coal market report 2024: Trends, forecasts, and the transitioning global dynamics. IEA Publications.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). Roadmap pengembangan dan pemanfaatan batu bara Indonesia 2023–2030. Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara.
- Mirdha, A., & Arfan, M. (2023). Mengapa perusahaan manufaktur di Indonesia melakukan keputusan hedging? *Jurnal Reviu Akuntansi dan Keuangan*, 13(1), 113–133.
- PT Bukit Asam Tbk. (2023). Laporan tahunan dan laporan keberlanjutan 2022: Menavigasi era transisi. <https://www.idx.co.id>

- Setiawan, B., Haryanto, T., & Mulyani, S. (2020). Kajian kebijakan restrukturisasi utang dan efektivitas natural hedging pada entitas tambang berorientasi ekspor. *Jurnal Manajemen Keuangan Kontemporer*, 18(2), 210–225.
- Siagian, A. W., & Haykal, H. (2024). Kebijakan energi nasional: Analisis Domestic Market Obligation batu bara dan energi terbarukan. *Majalah Hukum Nasional*, 54(1), 1–22.
- Syamsunasir. (2026). Konsep manajemen strategik: Adaptasi korporasi konvensional di era volatilitas modern. *Pustaka Akademik dan Riset Terapan*.
- Togi, S. A., & Mayasari, I. (2023). Realisasi kebijakan Domestic Market Obligation batubara pada tahun 2018–2022. *Journal Publicuho*, 6(4), 1215–1225.
- Wati, N., & Puspitaningtyas, A. (2023). Pengaruh volume perdagangan saham, tingkat inflasi, dan nilai tukar terhadap volatilitas harga saham subsektor batu bara yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia. *Jurnal Manajemen Bisnis Krisnadwipayana*, 11(2), 881–890.
- Wibowo, A. (2021). Evaluasi implementasi manajemen risiko nilai tukar pada perusahaan multinasional di Indonesia: Sebuah tinjauan pustaka sistematis. *Jurnal Keuangan dan Perbankan Terapan*, 25(3), 450–465.
- Wijaya, K. (2022). Dilema keputusan lindung nilai derivatif berhadapan dengan natural hedging: Studi kasus perusahaan berorientasi ekspor di Indonesia. *Jurnal Riset Akuntansi dan Keuangan Strategis*, 10(2), 175–190.
- World Bank. (2024). Indonesia economic prospects: Navigating global volatility, policy normalization, and commodity price fluctuations. *World Bank*.