



Optimalisasi Produktivitas dan Keselamatan Kerja Penambangan Menggunakan Metode *Highdump Dumping Overburden*

¹Muhammad Osaegi Restu Amrulloh, ²Ade Putro Setyo Wibowo, ³Endik Riyanto
¹⁻³PT Putra Perkasa Abadi, Indonesia

Alamat: Desa Mangkalapi, Kecamatan Teluk Kepayang, Kabupaten Tanah Bumbu,
Kalimantan Selatan

Korespondensi penulis: mamadosaegi@gmail.com

Abstract. Coal mining activities involve three main activities, namely loading, hauling, and dumping. This research focuses on the technical study of overburden (OB) dumping highdump activities In Pit Dump area with the aim of planning, implementing and evaluating technical, operational, economic, and HSE aspects. This research method includes field observations, stage plan making, and high dumping over water. Actual conditions show a difference in critical dumping height over water with geotechnical recommendations to minimize landslide risk and potential hazards. The study involved the collaboration of Mine Engineer, Geotech Engineer, Safety, and Production, and the use of equipment such as Komatsu HD 785 and Komatsu Dozer D155 & D85. The results showed that these changes could be carried out productively and safely, supporting coal production targets and adding economic value to the government and Mining Business License holders.

Keywords: mining, overburden, dumping, work, safety.

Abstrak. Aktivitas penambangan batubara melibatkan tiga kegiatan utama, yaitu loading, hauling, dan dumping. Penelitian ini berfokus pada kajian teknis aktivitas Highdump dumping overburden (OB) di area In Pit Dump dengan tujuan merencanakan, melaksanakan dan mengevaluasi aspek teknis, operasional, ekonomi, dan K3LH. Metode penelitian ini meliputi observasi lapangan, pembuatan stage plan, dan high dumping di atas air. Kondisi aktual menunjukkan perbedaan tinggi dumping kritis terhadap air dengan rekomendasi geoteknik untuk meminimalkan risiko longsoran dan potensi bahaya. Studi melibatkan kolaborasi Mine Engineer, Geotech Engineer, Safety, dan Production, serta penggunaan alat seperti Komatsu HD 785 dan Komatsu Dozer D155 & D85. Hasil kajian menunjukkan bahwa perubahan ini dapat dilakukan dengan produktif dan aman, mendukung target produksi batubara dan menambah nilai ekonomi bagi kontraktor dan pemilik Izin Usaha Pertambangan..

Kata kunci: penambangan, dumping, overburden, keselamatan kerja.

1. LATAR BELAKANG

Penambangan batubara merupakan salah satu kegiatan industri yang berperan penting dalam perekonomian global, khususnya di Indonesia. Sebagai salah satu sumber energi utama, batubara berkontribusi secara signifikan terhadap pendapatan negara melalui pajak, royalti, dan devisa hasil ekspor (Razi, 2022). Selain itu, industri ini juga menciptakan lapangan kerja dan mendorong perkembangan infrastruktur di daerah-daerah terpencil. Namun, di balik manfaat ekonominya yang besar, operasi penambangan batubara juga membawa tantangan signifikan, terutama dalam hal keselamatan kerja dan pengelolaan lingkungan. Dalam proses penambangan batubara, terdapat beberapa kegiatan utama yang menjadi fokus operasional, yaitu loading, hauling, dan dumping. Loading adalah proses pengambilan material overburden atau waste dari tambang, yang terdiri dari material seperti pasir, clay dan lumpur (Zhang et al.,

2019). Hauling Overburden merupakan proses pengangkutan overburden ke lokasi pembuangan, sedangkan dumping adalah kegiatan membuang material tersebut di area disposal, yang biasanya adalah tempat pembuangan material dengan nilai ekonomis rendah. Area ini, dikenal sebagai waste dump, dirancang untuk mencegah material berlebih menutupi area tambang yang masih memiliki potensi ekonomis.

Kegiatan dumping overburden menjadi salah satu operasi yang memerlukan perhatian khusus. Dumping overburden di area void atau area yang tergenang air, seperti yang ditemukan In Pit Dump (IPD), membawa risiko teknis dan keselamatan yang tinggi. Salah satu tantangan utama adalah bagaimana melakukan dumping di atas air atau lumpur tanpa menimbulkan risiko longsoran yang dapat membahayakan pekerja dan mengganggu operasi tambang. Dalam konteks ini, pengetahuan teknis serta penerapan prinsip-prinsip keselamatan dan keberlanjutan lingkungan menjadi sangat penting. Sesuai dengan ketentuan dalam Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik dan Kepdirjen Minerba Nomor 185 K/37.04/DJB/2019 tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan Keselamatan Pertambangan, operasi dumping harus dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis, operasional, ekonomi, dan K3LH (Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup). Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi kelayakan aktivitas highdump dumping overburden di area kritis.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memastikan bahwa kegiatan dumping overburden dapat dilakukan secara efisien, efektif, dan aman, dengan menjaga produktivitas tambang serta meminimalkan risiko terhadap keselamatan pekerja dan dampak lingkungan. Dengan mengoptimalkan metode highdump dumping overburden, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan kerja di industri pertambangan. Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan, baik dari segi peningkatan keselamatan kerja maupun dari segi ekonomi, baik bagi kontraktor maupun pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP). Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan operasional yang lebih bijak dan berkelanjutan di masa mendatang.

2. METODE PENELITIAN

Bagian Penelitian ini dirancang untuk merencanakan, mengevaluasi dan mengoptimalkan aktivitas highdump dumping overburden di area tambang, Pendekatan yang digunakan melibatkan observasi lapangan secara langsung untuk mengumpulkan data mengenai kondisi aktual area dumping. Data yang diperoleh dari lapangan kemudian digunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan pelaksanaan kegiatan highdump dumping. Proses ini didukung oleh kolaborasi erat antar bagian, yang memungkinkan setiap tahapan implementasi dilakukan dengan pengetahuan teknis yang komprehensif dan penerapan standar keselamatan yang ketat.

Tahapan Penelitian :

1. Observasi Lapangan dan Analisis Data Geoteknik

Analisis geoteknik dilakukan untuk mengevaluasi kondisi tanah dan stabilitas area dumping, kemudian data dari observasi lapangan dibandingkan dengan rekomendasi geoteknik untuk menentukan ketinggian dumping kritis yang aman. Analisis ini penting untuk meminimalkan risiko longsoran yang dapat membahayakan keselamatan pekerja dan menghentikan operasi.

2. Pembuatan Stage Plan

Berdasarkan data observasi, tim geotek menyusun stage plan yang mencakup perencanaan teknis terperinci untuk kegiatan highdump. Stage plan ini dirancang untuk meminimalkan risiko longsoran dan memastikan dumping dilakukan sesuai dengan standar faktor kesetabilan yang aman.

3. Penggunaan Alat Berat

Alat berat seperti Komatsu HD 785, Komatsu Dozer D155, dan D85 digunakan dalam proses dumping. Setiap alat memiliki peran spesifik, dengan Komatsu HD 785 digunakan untuk hauling dan dumping, sementara Komatsu Dozer D155 & D85 digunakan untuk perataan dan stabilisasi material di area dumping.

4. Implementasi Highdump Dumping di Atas Air

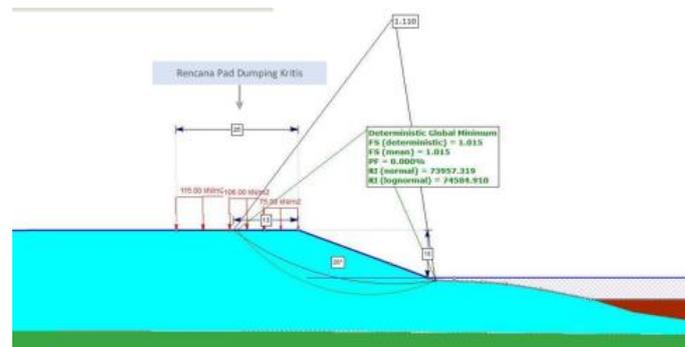
Implementasi highdump dumping dilakukan dengan memperhatikan perbedaan ketinggian dumping terhadap elevasi air, menjaga jarak aman dari crest actual, dan memastikan stabilitas area dumping. Langkah-langkah ini mencakup pembuatan pad dumping yang dibangun dengan standar tinggi untuk mencegah risiko longsoran..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mengacu rencana penambangan dengan adanya source material overburden dan mud yang masuk dalam sequence pit di area high wali dan tow wall secara plan alokasi disposai OB dan mud berada pada area Inpit Dump dimana sequence dumping berada di atas air atau mud yang merupakan area void, sehingga terdapat air dan lumpur sebagai sedimentasi di area tersebut. Sehingga, rekayasa engineering pada sequence dumping pada area tersebut dilakukan dengan pad dumping yang di construct dengan menjaga beda tinggi dengan elevasi aktual air 10 m dan jarak dumping 25 m dari crest actual yang terbentuk. Mengenai adanya aktivitas dumping material pada area In Pit Dump akan didetailkan terkait rekayasa maupun pengendaliannya. Kondisi aktual pada area kerja dumping OB IPD terdapat beda tinggi dengan base dumping pada sisi selatan low wall dan side wall memiliki beda tinggi dengan air 5 - 10 m dengan kondisi pad kering. Pada area base dumping area sisi barat side wall memiliki beda tinggi dengan air 5 -10 m dengan jarak crest actual dengan air 25 m. Hal ini turut menambah potensi bahaya yang timbul khususnya bahaya longsor berkaitan dengan kegiatan dumping dekat air pada void IPD.

Kemudian dilakukan assessment geotek terhadap rencana aktivitas highdump dumping di dekat air di In Pit Dump (IPD) dengan tujuan mengetahui nilai kestabilan lereng (Safety Factor) dari rencana pad dumping atau pad landasan dumping dekat air di area original dan timbunan di IPD dengan analisa pengambilan data situasi, Design Rencana Dumping pad Pit, Section litologi yang merupakan project model yang digunakan pada material updated hasil analisis.

Analisa material properties menggunakan metode Keseimbangan Batas/Limit Ewuilibrium Method (LEM) dengan bantuan software, mengacu pada database material properties update (sifat fisik dan mekanik), hasil analisis dari Tim Geotek dan Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsongan mengacu pada kepmen 1827.



Gambar 1. Assesment Pad Dumping Dekat Air

Berdasarkan assessmen nilai faktor keamanan di area timbunan dengan kondisi analisa dibuat mengacu pada data dan design rencana pad dumping, groundwater menggunakan metode water surface, penambahan material weak layer (10 cm dari roof dan floor batubara), distribution load menggunakan 115 kN/m² dan koefisien getaran yang digunakan yaitu 0.03g. Hasil analisa berdasarkan perhitungan didapatkan nilai FK 1.110 dan POF (Probability of Failure) 0.00% yaitu dengan ketentuan jarak dumping limiter 25 meter dan menjaga beda tinggi dengan air 8-12 meter, dengan hasil tersebut maka opsi rencana pad dumping highdump dapat diaplikasikan di lapangan (aplicable).

Hasil observasi dan analisis geoteknik yang tergambar pada gambar diatas digunakan sebagai dasar untuk menyusun stage plan. Stage plan ini dirancang dengan mempertimbangkan berbagai faktor teknis yang bertujuan untuk mengurangi risiko longsor dengan dibagi menjadi Stage I & Stage II, sebagai berikut :

STAGE I

- Source material OB sequence dumping area, aktivitas dumping ke arah selatan di elevasi RLO dengan menjaga beda tinggi dengan Air 10m, unit support dozer (4×D155, 2×D85Ess)
- Concern dumping pada Stage I adalah melevelkan area base dumping pada area kerja ke elevasi RLO

STAGE II

- Pada stage II area kerja area 1, aktivitas dumping di elevasi RL+5 dengan menjaga beda tinggi Air 10m, unit support dozer (3×D155, 2×D85Ess)
- Concern pada stage II ialah area kerja akan sejajar dumping air secara sequence seimbang seluruh area dumping disposal

Tujuan perencanaan dan implementasi stage plan I & stage II adalah untuk menjaga stabilitas area dumping, dengan memastikan bahwa faktor keselamatan kerja tetap menjadi prioritas utama. Perencanaan teknis ini bertujuan meningkatkan efisiensi operasional, memungkinkan proses dumping dilakukan dengan lebih aman dan terkontrol.

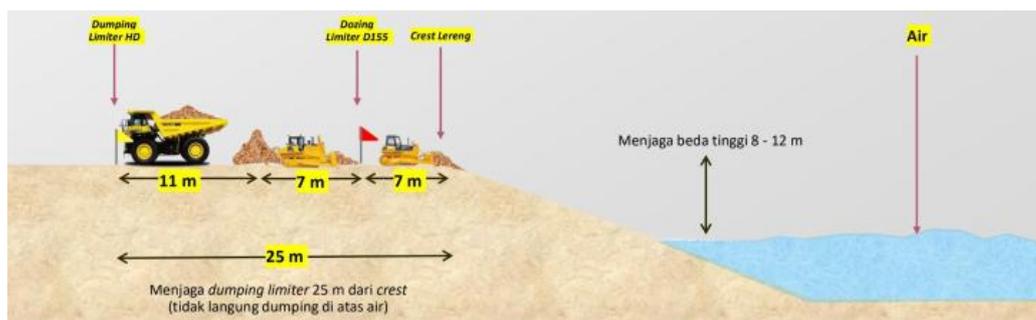
Alat berat yang digunakan adalah Komatsu HD 785, Komatsu Dozer D155, dan D85, memainkan peran kunci dalam pelaksanaan proses dumping. Penggunaan alat-alat ini menunjukkan bahwa masing-masing memiliki kontribusi penting dalam memastikan operasi dumping berjalan lancar. Komatsu HD 785 efektif dalam tugas hauling dan dumping,

sementara Komatsu Dozer D155 & D85 terbukti andal dalam perataan dan stabilisasi material. Kombinasi penggunaan alat berat ini meningkatkan efisiensi operasional dan juga memastikan bahwa standar keselamatan tetap terjaga.



Gambar 2. HD785, Dozzer 155 & DZ85

Dari hasil observasi lapangan dan analisa geotek yang telah dilakukan, kemudian penetapan perencanaan dumping yang tertuang dalam Stage I & II serta penentuan Alat Berat yang digunakan kemudian ditentukan metode implementasi highdump dumping yang akan dilakukan dengan mempertimbangkan elevasi air, serta menjaga jarak aman dari crest actual. Langkah-langkah yang diambil dalam menjaga perbedaan ketinggian dumping dan pembuatan pad dumping yang sesuai standar untuk mencegah terjadinya longsor serta menjaga stabilitas area dumping, memungkinkan operasi tambang berjalan dengan aman tanpa mengorbankan produktivitas, dengan ketentuan aktivitas highdump dumping IPD sebagai berikut :



Gambar 3. Ilustrasi Aktivitas Highdump Dumping IPD

Ketentuan Aktivitas :

- HD785 berhenti saat kabin HD sejajar dengan pembatas dumping (25 meter) dari puncak dan tidak meninggalkan free dump.
- Menjaga perbedaan ketinggian antara pad dumping terhadap elevasi air 8-12 meter.

- Dozer D115 mendorong material hingga jarak 7 meter dari puncak, kemudian menggunakan Dozer D85 untuk mendorong material sampai ke puncak / repose.
- Wajib didedikasikan pengawas senior selama aktivitas dumping kritis (dumping dekat air) tersebut.
- Wajib adanya penerangan yang memadai untuk aktivitas dumping kritis dekat air.
- Melengkapi atribut safety sesuai kajian teknis (terdapat ring boy, dumping limiter, tali penarik/sling, APD, dan atribut lainnya).
- Pada jarak \pm 13 meter dari puncak merupakan zona yang potensi mengalami crack/failure, sehingga wajib update dumping limiter 25 meter menjauhi dari crack terluar.
- Continue cek dan observasi area kerja, inform tim geotek - pit control jika ada temuan crack - failure.
- Jika ada info pergerakan radar (pengawas wajib paham TARP untuk respon yang harus dilakukan dari informasi radar dan masuk di grup Monitoring Control Highrisk).

Dari rencana aktivitas ketentuan yang ditetapkan diatas didasarkan kepada hasil manajemen risiko yang telah diidentifikasi pada analisis risiko yaitu Aktivitas highdump di In Pit Dump diketahui beberapa potensi bahaya yang signifikan. Identifikasi ini mencakup risiko manuver unit yang terlalu dekat dengan free face dumping, potensi patahnya disposal, serta kondisi titik dumping/pad yang lembek dan licin. Risiko-risiko ini menunjukkan risiko operasional yang perlu mendapatkan perhatian serius untuk mencegah kecelakaan dan kerusakan yang dapat membahayakan keselamatan kerja.

Sehingga dilakukan pengendalian risiko diterapkan dengan pendekatan hierarki yang mencakup beberapa tahap sesuai dengan Kepmen 1827 Tahun 2018. Pertama adalah Rekayasa engineering yang menjadi prioritas utama, dengan pemasangan dumping limiter, penjagaan jarak aman dari crest disposal, dan pembuatan safety berm untuk mencegah kecelakaan. Selain itu, pengendalian administratif dari P5M, SIMPER, safety talk, dan sosialisasi rutin, berperan penting dalam meningkatkan kesadaran dan pemahaman pekerja tentang risiko yang ada. Praktik kerja yang terstandarisasi melalui Kajian Teknis, Standar Operasional Prosedur dan Instruksi Kerja yang telah ditetapkan juga diterapkan untuk memastikan bahwa setiap langkah operasional dilakukan sesuai prosedur yang aman. Terakhir, penggunaan Alat Pelindung Diri

(APD) seperti helm safety, sepatu safety, dan seragam bereflektor merupakan langkah proteksi personal yang wajib untuk setiap pekerja di area kritis.

Untuk mengoptimalkan pengendalian risiko, juga dilakukan sosialisasi prosedur dan kajian teknis secara berkala kepada seluruh pekerja yang beraktivitas di area kritis. Langkah ini memastikan bahwa setiap pekerja memahami dan menerapkan prosedur dengan benar. Selain itu, pemasangan rambu-rambu dan keterangan informatif di area Highdump Dumping IPD memberikan panduan visual yang jelas dan meningkatkan kewaspadaan pekerja terhadap potensi bahaya yang ada. Melalui penerapan pengendalian risiko yang komprehensif, aktivitas highdump di In Pit Dump dapat dikelola dengan lebih aman dan efektif, meminimalkan potensi kecelakaan, dan menjaga kelancaran operasional.

Evaluasi Aspek Keselamatan berdasarkan observasi dan analisis yang dilakukan hingga aktivitas highdump IPD Selesai, implementasi rekayasa engineering dan pengendalian risiko pada aktivitas highdump di In Pit Dump (IPD) telah berhasil mencegah terjadinya insiden kecelakaan. Penggunaan dumping limiter dan safety berm, ditambah dengan pengawasan ketat dan penerapan Standar Operasional Prosedur (SOP), terbukti efektif dalam menjaga jarak aman dari crest disposal dan mengurangi risiko longsoran. Dengan demikian, tidak adanya insiden selama periode ini mencerminkan keberhasilan dalam penerapan aspek keselamatan kerja yang menjadi prioritas utama dalam operasi ini.

Dari perspektif produktivitas, penerapan prosedur highdump dumping di atas air pada IPD terbukti sangat efektif. Tahapan operasional yang diikuti, termasuk pengaturan ketinggian dumping dan pembuatan pad dumping yang sesuai standar, telah memungkinkan aktivitas dumping berjalan lancar tanpa gangguan mayor dalam pelaksanaannya. Efisiensi penggunaan alat berat, seperti Komatsu HD 785 dan Komatsu Dozer D155 & D85, dalam operasi hauling, dumping, dan perataan material, turut mendukung pencapaian target volume dumping yang direncanakan. Dengan proses dumping yang terstruktur dan terkendali, operasi ini mampu mencapai produktivitas optimal sambil tetap mempertahankan standar keselamatan yang tinggi.

Dari sisi ekonomi, evaluasi menunjukkan bahwa target produksi berhasil dicapai dengan baik. Rencana dumping yang dirinci dalam stage plan I dan II, serta penerapan teknik pengendalian risiko yang efektif, memastikan bahwa operasi berjalan sesuai dengan anggaran dan waktu yang ditetapkan. Kombinasi antara efisiensi operasional dan tidak adanya insiden berarti penghematan biaya yang signifikan, baik dalam hal perawatan alat berat maupun mitigasi risiko kecelakaan. Hasilnya, operasi highdump di IPD mampu mencapai target

produksi yang direncanakan, memberikan kontribusi ekonomi yang positif bagi proyek secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan yang signifikan dalam optimalisasi produktivitas dan peningkatan keselamatan kerja pada aktivitas highdump di In Pit Dump (IPD). Implementasi rekayasa engineering, seperti penggunaan dumping limiter dan safety berm, serta pengendalian risiko yang ketat, terbukti efektif dalam mencegah insiden kecelakaan. Selain itu, penggunaan alat berat yang tepat dan terkoordinasi dalam proses dumping berhasil mencapai target produksi yang direncanakan, memastikan efisiensi operasional tanpa mengorbankan keselamatan. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis yang berharga bagi industri pertambangan, terutama dalam operasional dumping overburden di area berisiko tinggi seperti IPD. Metode yang diterapkan, termasuk pengaturan jarak aman dan pembuatan pad dumping, dapat dijadikan referensi standar dalam kegiatan highdump di area tambang lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan perencanaan yang matang dan pelaksanaan yang disiplin, keselamatan kerja dapat ditingkatkan tanpa mengurangi produktivitas.

Untuk implementasi lebih lanjut, disarankan agar metode pengendalian risiko yang telah diterapkan di IPD diadopsi secara luas di proyek tambang lainnya yang menghadapi tantangan serupa. Penelitian tambahan dapat difokuskan pada pengembangan teknologi monitoring real-time untuk deteksi awal potensi longsor, serta evaluasi penggunaan alat berat yang lebih efisien dalam kondisi medan yang berbeda. Langkah ini akan mendukung peningkatan lebih lanjut dalam keselamatan dan efisiensi operasional di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih khusus kami sampaikan kepada tim Mine Engineer, Geotech Engineer, Safety, dan Production yang berperan aktif dalam proses observasi dan implementasi metode Highdump di area In Pit Dump. Terima kasih atas dukungan dan kolaborasi dari berbagai pihak sangat membantu dalam mencapai hasil yang optimal baik dari aspek teknis, keselamatan kerja, maupun pencapaian target produksi..

DAFTAR REFERENSI

- Tao Y, Zhang R, Du H. Failure Prediction of Open-Pit Mine Landslides Containing Complex Geological Structures Using the Inverse Velocity Method. *Water*. 2024; 16(3):430. <https://doi.org/10.3390/w16030430>
- Razi, M. (2022). Dampak aktivitas pertambangan batubara terhadap lingkungan dan masyarakat kalimantan timur.. <https://doi.org/10.31219/osf.io/ea65p>
- Badri A, Nadeau S, Gbodossou A. Integration of OHS into Risk Management in an Open-Pit Mining Project in Quebec (Canada). *Minerals*. 2011; 1(1):3-29. <https://doi.org/10.3390/min1010003>
- Lagnika, Mondoukpè & Hausler, Robert. (2018). Environmental Risks in Open Pit Mines: Representation of a Temporal Evolution Related to Water Factor. *Environmental Management and Sustainable Development*. 7. 22. 10.5296/emsd.v7i4.13534.
- Zevgolis, I.E. Geotechnical characterization of mining rock waste dumps in central Evia, Greece. *Environ Earth Sci* 77, 566 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7743-5>
- Gupta A. K, Paul B. Augmenting the Stability of OB Dump by Using Fly Ash: A Geo Technical Approach to Sustainably Manage OB Dump at Jharia Coal Field, India. *Curr World Environ* 2016;11(1) DOI: <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.11.1.25>
- Brito, A., Maranha, J. R., & Caldeira, L. M. M. S. (2018). A constitutive model for soil-rockfill mixtures. *Computers and Geotechnics*, 95, 46-56. DOI: 10.1016/j.compgeo.2017.09.009
- Wang, J., & Chen, C. (2016). Stability analysis of slope at a disused waste dump by two-wedge model. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 31(8), 575–588. <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1270498>
- Bishwal, R.M. & Sen, Phalguni & Jawed, Mohammad. (2017). Characterization of shear strength properties of spoil dump based on their constituent material. *International Journal of Applied Engineering Research*. 12. 8590-8594.
- Geete, S. S., Singh, H. K., Singh, T. N., & Dahale, P. P. (2023). Stability Analysis of Overburden Dump Slope of Coal/ Mineral Mines: A Review. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 71(9), 1215–1223. <https://doi.org/10.18311/jmmf/2023/35438>
- Estaire, Jose & cano, Herminia & Santana, Maria & Ocaña, Aranzazu. (2017). Geotechnical characterization and stability study of coal mine dumps.
- Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara. (2019). Kepdirjen Minerba No. 185.K/37.4/DJB/2019 tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan Keselamatan Pertambangan dan Pelaksanaan, Penilaian dan Pelaporan SMKP Mineral Dan Batubara. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. <https://www.esdm.go.id>
- Zhang, J., Meng, L., Taheri, A., Zhang, W., Wu, Z., & Song, W. (2019). Properties and application of backfill materials in coal mines in china. *Minerals*, 9(1), 53. <https://doi.org/10.3390/min9010053>