

KAJIAN LITERATUR : TENTANG PENGEMBANGAN PERTAMBANGAN DAN ENERGI

Juliani¹, Siti Khodiza Sihombing², Izdihar Rozananti³, Abdurrozzaq Hasibuan⁴

^{1,2,3,4}Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

Email: julijuli35353@gmail.com¹, sitikhadijah11p@gmail.com², nitaarznnti@gmail.com³,
rozzaq@uisu.ac.id⁴

ABSTRAK

Pertambangan merupakan salah satu sektor yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia. Namun, pertambangan juga memiliki risiko yang sangat tinggi, terutama dalam hal keamanan dan keselamatan kerja. Salah satu bahaya yang paling sering terjadi di pertambangan adalah ledakan gas dan longsor. Ledakan gas dan longsor dapat menyebabkan kerusakan yang sangat parah dan korban jiwa yang banyak. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan sistem ventilasi tambang yang efektif dan efisien untuk mengurangi risiko ledakan gas dan longsor. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bahaya ledakan gas dan longsor di pertambangan dan mengembangkan sistem ventilasi tambang yang efektif dan efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ledakan gas dan longsor dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti konsentrasi gas yang tinggi, kelembaban yang tinggi, dan kurangnya ventilasi yang efektif. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa sistem ventilasi tambang yang efektif dan efisien dapat mengurangi risiko ledakan gas dan longsor. Sistem ventilasi tambang yang efektif dan efisien dapat mengurangi konsentrasi gas yang tinggi, mengurangi kelembaban yang tinggi, dan meningkatkan keselamatan kerja. sistem ventilasi tambang yang efektif dan efisien. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan pertambangan dan energi berkelanjutan di Indonesia, serta membantu meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan mengurangi risiko ledakan gas dan longsor di pertambangan. efektif dan efisien.

Kata Kunci: Pertambangan, Energi, Ledakan Gas, Longsor, dan Sistem Ventilasi Tambang.

ABSTRACT

Mining is one of the most important sectors in the Indonesian economy. However, mining also has very high risks, especially in terms of occupational safety and security. One of the most common hazards in mining is gas explosions and landslides. Gas explosions and landslides can cause very severe damage and many casualties. Therefore, it is very important to develop an effective and efficient mine ventilation system to reduce the risk of gas explosions and landslides. This study aims to examine the dangers of gas explosions and landslides in mining and develop an effective and efficient mine ventilation system. The results of the study indicate that gas explosions and landslides can be caused by several factors, such as high gas concentrations, high humidity, and lack of effective ventilation. This study also shows that an effective and efficient mine ventilation system can reduce the risk of gas explosions and landslides. An effective and efficient mine ventilation system can reduce high gas concentrations, reduce high humidity, and improve work safety. effective and efficient mine

ventilation system. Thus, this study is expected to contribute to the development of sustainable mining and energy in Indonesia, as well as help improve the quality of life of the community and reduce the risk of gas explosions and landslides in mining. effective and efficient.

Keywords: *Mining, Energy, Gas Explosion, Landslide, and Mine Ventilation System.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumberdaya alam yang beraneka ragam baik yang dapat diperbarui maupun yang tidak dapat diperbarui. Salah satunya adalah Batubara, batubara merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, untuk mendapatkan batubara maka dilakukanlah kegiatan penambangan. Dalam kegiatan penambangan terdapat beberapa metode penambangan yang dapat diterapkan, yaitu metode tambang terbuka, dan tambang bawah tanah.(Nusa et al., 2023)

Kegiatan dalam pengelolaan pertambangan batubara adalah kegiatan yang padat resiko bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup. Sejak awal, pemerintah telah menjadikan AMDAL sebagai persyaratan dalam perijinan pengelolaan tambang batubara, dengan tujuan untukantisipasi dan minimalisasi dampak besar dan penting dari kegiatan yang direncanakan. Pada kenyataannya, selalu ada perbedaan persepsi antara masyarakat, pemerintah dan pengelola pertambangan ketika terdapat keluhan dari masyarakat mengenai adanya gangguan lingkungan hidup yang disinyalir berasal dari kegiatan pertambangan. Jika dalam fakta lapangan nyata yang membuktikan adanya berbagai dampak lingkungan, dampak kesehatan dan keselamatan pada manusia, dibutuhkan langkah mitigasi yang tepat terap untuk mencapai tujuan dari mitigasi itu sendiri. Baik AMDAL maupun skenario mitigasi yang akurat memerlukan pengetahuan kandungan resiko dalam setiap kegiatan pertambangan.

Istilah ‘Pertambangan’ mencakup seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang (UU No.4 tahun 2009, Pasal 1). Lapisan endapan batubara ditemukan diberbagai posisi, seperti misalnya nyaris dipermukaan bumi, di dalam perut bumi atau tersimpan di volume perbukitan. Lapisan cadangan batubara yang relatif dekat dengan permukaan, yaitu pada kedalaman kurang dari sekitar 180 ft (50 m), biasanya dikelola sebagai Pertambangan Permukaan. Sedangkan lapisan cadangan batu bara yang ditemukan pada kedalaman 50 sampai 100 m dikelola

sebagai Pertambangan Bawah Tanah Dalam kasus tertentu, seperti misalnya Tagebau Hambach di Jerman, meskipun posisi lapisan batubara berada pada 1000-1500(300-450 m), tambang ini dikelola sebagai pertambangan permukaan.

Keselamatan Kerja salah satu aspek perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja Undang-undang No.1 tahun 1970 pentingnya pengelolaan keselamatan dan kesehatan kerja di sektor tambang tersebut pemerintah mengeluarkan peraturan tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja khusus tambang yaitu KEPDIRJEN MINERBA Kemektivitas nasional. ntrian ESDM Nomor 185.K/37.04/DJB/2019 Untuk mencegah kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja maka pentingnya pengetahuan dan sikap tenaga kerja yang baik dalam penerapan keselamatan dan kesehatan kerja di tempat kerja.(Penelitian et al., 2022)

Sebuah rencana dan imlementasi pengelolaan pertambangan batubara dilaksanakan jika tahapan eksplorasi dan evaluasi situs, memberikan informasi bahwa lahan cukup ekonomis, layak implementasi teknis dan tidak menyebabkan gangguan ekstrim pada lingkungan secara umum dan lingkungan sekitarnya. Implementasi kegiatan pengelolaan pertambangan batubara Seluruhan . Kegiatan Pertambangan Batubara adalah kegiatan padat resiko dan banyak menelan korban jiwa terutama para pekerja tambang, yang tercermin kecelakaan khas tambang batubara sebagai berikut :

1. Bahaya ledakan Tambang yang disebabkan oleh ledakan gas metana yang secara berantai memicu ledakan debu Batubara
2. Longsor Tambang sebagai konsekuensi gagal keseimbangan kritik tekanan dan gaya yang membentuk struktur geologi , sebagai konsekuensi logic tahapan penerapan hampir di seluruh Teknik pertambangan.
3. Sistem ventilasi Tambang bawah tanah.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai dalam Menyusun artikel ini yaitu menggunakan jenis penelitian studi kepustakaan atau studi literatur. Studi kepustakaan atau studi literatur. Studi kepustakaan merupakan sebuah Teknik untuk mengumpulkan data melalui literatur – literatur, buku – buku laporan -laporan dan catatan – catatan yang memiliki kaitannya dengan masalah yang akan dipecahkan

Studi kepustakaan adalah suatu Langkah yang penting Dimana setelah peneliti menetapkan topik penelitiannya, Langkah selanjutnya yaitu pengajian terhadap topik penelitiannya , Langkah selanjutnya yaitu pengkajian terhadap topik penelitian yang berkaitan

. Peneliti akan mengumpulkan data atau isu dari kepustakaan sesuai dengan topik yang berkaitan . Sumber kepustakaan bisa diperoleh dari buku , hasil penelitian, jurnal, internet , dan lain- lain .

Metode penelitian studi kepustakaan ini digunakan untuk menguraikan masalah Konflik dalam aktivitas pertambangan di Indonesia yang nantinya akan diteliti dan ditelaah apa yang menjadi penyebab terjadinya konflik pertambangan dan alternatif dalam penyelesaian konflik tersebut. Data yang digunakan merupakan data sekunder yaitu studi literatur dengan pencarian melalui berbagai sumber referensi seperti artikel jurnal dan artikel pemberitaan yang telah dipublikasikan yang memiliki kaitan dengan “ konflik pertambangan di Indonesia”

Dalam pencarian artikel serta jurnal kami memanfaatkan menggunakan mesin pencari google scholar dengan kata kunci konflik pertambangan di Indonesia yang menghasilkan sebanyak () artikel maupun jurnal yang berkaitan , Kami juga memperoleh data dari berbagai portal berita dan laman resmi kami menggunakan 20 sumber baik itu dari artikel, jurnal, buku, laman resmi, dan berita.(Kolaborasi & Konflik, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Definisi dan Jenis Bahaya Ledakan Gas dan Longsor di Pertambangan

Pertambangan merupakan Sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian pengelolaan dan pengusahaan dan pengusahaan mineral atau Batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakakn kontruksi , penambangan , penambangan, pengelolaan dan pemurnian , pengakutan dan penjualan , serta kegiatan pasca tambang. Pemerintah memiliki kewenangan dalam pengelolaan pertambanagn namun dalam pelaksanaannya, pemerintah sendiri sebenarnya tidak mampu untuk melakukan usaha pertambanagn atas sumber daya tersebut. Sehingga Untuk Melaksanakan kegiatan tersebut pemerintah memeberikan kewewnangan kepada pihak lainnya untuk dapat melakukan usaha pertambangan atas sumber daya alam tambang kehadiran – kehadiran Undang 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja diharapkan menjadi jalan keluar terutama terakit persoalan perizinan dan birokrasi yang bereblit dan tumpeng tindih . Tujuan penulisan untuk mengetahui bagaimana pengeolahan usaha pertambanagan mineral dan Batubara pasca berlakunnya undang – undang nomor 11 tahun 2020 tentang Cipta Kerja , dan dampak pengelolaan usaha pertambangan mineral dan Batubara pasca berlakunnya unadang – undang nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta kerja. (ISMI, 2015)

Kegiatan pertambangan dapat menimbulkan kerusakan lingkungan yang serius dalam

suatu kawasan atau wilayah. Dampak tersebut secara fisik dapat dilihat seperti penggundulan hutan, pengotoran air sungai, berubahnya struktur tanah, dan lain lain. Dampak lingkungan pertambangan utama adalah pada waktu eksploitasi dan pemakaiannya untuk yang bisa digunakan sebagai energi (minyak, gas dan batu bara). Pencemaran lingkungan adalah suatu keadaan yang terjadi karena perubahan kondisi tata lingkungan (tanah, udara dan air) yang tidak menguntungkan (merusak dan merugikan kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan) yang disebabkan oleh kehadiran benda-benda asing (seperti sampah, limbah industri, minyak, logam berbahaya, dsb.) Semakin besar skala kegiatan pertambangan, makin besar pula areaa dampak yang ditimbulkan.

Perubahan kegiatan lingkungan akibat pertambangan dapat bersifat permanen, atau tidak dapat dikembalikan kepada keadaan semula. Ada sebagian dari tenaga kerja yang mengerti tentang lingkungan hidup namun karena tekanan ekonomi membuat mereka terpaksa tetap mengambil keputusan untuk bekerja di pertambangan karena tidak mendapatkan pekerjaan yang lain. Dari hasil observasi di lokasi pertambangan ditemukan bahwa aktivitas pertambangan berpotensi meningkatkan ancaman tanah longsor. Dilihat dari teknik pertambangan, dimana penambang menggali bukit tidak secara berjenjang (trap-trap), namun asal menggali saja dan nampak bukaan penggalian yang tidak teratur dan membentuk dinding yang lurus dan menggantung (hanging wall) yang sangat rentan runtuh (longsor) dan dapat mengancam keselamatan jiwa para penambang. Pertambangan yang tidak dilakukan sesuai standar perlindungan lingkungan dapat merusak vegetasi tanah dan profil genetik tanah yang ada, sehingga tanah yang awalnya subur dapat berubah kering dan tandus. Pemanfaatan lahan yang tidak sesuai juga dapat mengubah topografi umum kawasan tambang secara permanen yang dapat berakibat longsor. Perusakan atas alam atau lingkungan kini mencapai titik yang paling mengkhawatirkan bagi seluruh umat manusia. Perusakan atas lingkungan hidup terutama disebabkan karena hasrat manusia yang tidak terbandung untuk memanfaatkan lingkungan atau alam demi peningkatan taraf dan kualitas hidup manusia. Perbedaan antara merusak struktur tanah dan struktur hutan adalah kerusakan struktur tanah merupakan proses yang mengubah struktur tanah dari bukit menjadi datar, dari gunung yang menjulang kemudian menjadi berlubang. (Mela Dondo Burhanuddin Kiyai, 2022)

Definisi bahaya ledakan di pertambanagn

Peledakan adalah proses ekstraksi dan pemindahan massa batuan dalam jumlah esar hasil dari reaksi kimia bahan peledak, disertai dengan ekspansi gas yang sangat mudah meledak

cepat, sehingga material dapat dengan mudah digali dan juga diangkut ke proses selanjutnya memenuhi nilai batas lingkungan yang telah ditetapkan dan persyaratan K3 oleh pemerintah. Keselamatan merupakan factor penting yang harus dijaga agar mampu mengantisipasi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja yang dapat merugikan suatu Perusahaan atau suatu instansi baik secara langsung maupun tidak langsung . keselamatan kerja memiliki tujuan untuk melindungi pekerja atas keselamatan , terpeliharannya sumber – sumber produksi dengan baik sehingga dapat digunakan secara efisien dan aman serta meningkatkan produksi dan meningkatkan kesejahteraan hidup pekerja, hazard (bahaya) adalah sifat dari suatu bahan, cara kerja suatu alat, cara melakukan suatu pekerjaan, tempat dan posisi atau kondisi kerja lingkungan kerja, yang menimbulkan kerusakan atau kerugian manusia, harta benda, penyakit akibat kerja, cedera, cacat sementara maupun permanen, dan kematian. Bahaya adalah sesuatu tindakan, yang dapat menyebabkan kecelakaan atau cedera, kerusakan, atau gangguan lainnya. Click or tap here to enter text.

Faktor – Faktor yang mempengaruhi bahaya ledakan gas dan longsor

faktor-faktor yang terpengaruh ledakan akibat gas metana pada terowongan bawah tanah. Sehingga manfaat mengenai peristiwa peledakan gas metana batubara pada tambang bawah tanah dan untuk menambah kewaspadaan bagi perusahaan tambang batubara bawah tanah dan fasilitas coal handling di Indonesia untuk mencegah ledakan. faktor yang terpengaruh dalam terjadinya ledakan akibat gas metana pada terowongan bawah tanah adalah temperatur dan tekanan ledak. Semakin besar konsentrasi metana yang diberikan maka semakin besar pula temperatur yang dihasilkan. Semakin jauh dari titik spark maka semakin kecil nilai temperaturnya. Semakin besar konsentrasi metana yang diberikan maka semakin besar pula tekanan ledak yang dihasilkan. Semakin jauh dari titik spark maka semakin kecil nilai tekanan ledaknya. Semakin besar konsentrasi metana maka semakin besar nilai pembakarannya. Reaksi ledakan gas metana merupakan salah satu contoh reaksi eksoterm. Reaksi eksoterm adalah reaksi yang melepaskan kalor dari sistem ke lingkungan. Pelepasan kalor ke lingkungan akan menurunkan energi di dalam sistem. (Yukie Peramesti, 2022)

Berikut adalah faktor-faktor yang memengaruhi bahaya ledakan gas berdasarkan berbagai sumber:

Faktor-Faktor Utama

1. Kebocoran Gas
 - o Kebocoran gas, baik dari tabung, selang, atau regulator, merupakan penyebab

utama ledakan. Gas yang bocor dapat terakumulasi di ruangan tertutup dan menjadi sangat mudah terbakar jika terkena percikan api

2. Kurangnya Sirkulasi Udara
 - Ventilasi yang buruk di ruangan menyebabkan penumpukan gas. Gas yang terperangkap akan bercampur dengan udara dan menjadi sangat sensitif terhadap sumber panas atau percikan api
3. Kondisi Peralatan
 - Penggunaan peralatan seperti regulator, selang, atau tabung gas yang tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) meningkatkan risiko kebocoran dan ledakan. Selain itu, peralatan yang sudah tua atau rusak juga berkontribusi pada risiko ini
4. Temperatur dan Tekanan
 - Peningkatan suhu di sekitar tabung gas dapat meningkatkan tekanan internalnya, sehingga memperbesar risiko ledakan. Hal ini sering terjadi jika tabung gas diletakkan di dekat sumber panas seperti kompor atau sinar matahari langsung
5. Kelalaian Manusia
 - Faktor human error, seperti pemasangan regulator yang tidak tepat, lupa mematikan katup gas, atau menyalakan api saat tercium bau gas, sering kali menjadi penyebab utama insiden ledakan
6. Komposisi Gas
 - Konsentrasi gas dalam udara juga memengaruhi risiko ledakan. Gas metana, misalnya, memiliki rentang konsentrasi tertentu (1,8%–10%) yang dapat menyebabkan ledakan ketika bercampur dengan oksigen dan terkena sumber panas

Selanjutnya pada tahapan Longsor dapat memicu kebocoran gas metana dari lapisan batubara yang terbuka Ledakan gas merusak struktur terowongan, meningkatkan kerentanan longsor di tambang bawah tanah Cuaca ekstrem memperburuk kedua risiko: hujan memicu longsor sekaligus menghambat dispersi gas beracun

Dampak Sosial bahaya ledakan gas dan longsor terhadap keselamatan kerja

Dampak sosial merupakan akibat atau pengaruh yang terjadi dalam suatu peristiwa sosial ekonomi, lingkungan maupun kesehatan yang berdampak positif dan negatif dalam kehidupan masyarakat. Dari keseluruhan hasil wawancara dan pengamatan peneliti menunjukkan bahwa

dampak sosial pengelolaan tambang emas di Desa Bakan Mongondow Kabupaten dapat Bolaang meningkatkan perekonomian masyarakat, menyebabkan kerusakan lingkungan yang menyebabkan longsor dan berbagai pengaruh zat beracun yang mengganggu kesehatan. Dari dampak dampak tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Dampak Ekonomi

Kondisi ekonomi adalah keadaan atau kenyataan yang terlihat atau dirasakan oleh indera manusia tentang kesadaran seseorang dan kemampuan seseorang dalam memenuhi kebutuhannya. Permasalahan ekonomi yang dihadapi seseorang adalah usaha atau upaya untuk dapat memenuhi kebutuhannya sehingga mencapai kemakmuran. Kondisi sosial ekonomi seseorang dalam kehidupan sehari-hari dihadapkan pada dua hal yang saling berhubungan yaitu adanya sumber-sumber penghasilan yang dimiliki oleh keluarga (pendapatan) yang sifatnya terbatas yang digunakan untuk membiayai atau memenuhi kebutuhan keluarga yang tidak terbatas baik jumlah maupun kualitasnya. Pekerjaan menentukan status sosial ekonomi karena dari bekerja segala kebutuhan dapat terpenuhi. Pekerjaan tidak hanya mempunyai nilai ekonomi namun usaha manusia untuk mendapatkan kepuasan dan mendapatkan imbalan atau upah, berupa barang dan jasa terpenuhi kebutuhan hidupnya. Pekerjaan seseorang mempengaruhi kemampuan ekonominya, untuk itu bekerja merupakan suatu keharusan bagi setiap individu sebab dalam bekerja mengandung dua segi kepuasan, kepuasan jasmani terpenuhinya kebutuhan hidup.

Perubahan kegiatan lingkungan akibat pertambangan dapat bersifat permanen, atau tidak dapat dikembalikan kepada keadaan semula. Ada sebagian dari tenaga kerja yang mengerti tentang lingkungan hidup namun karena tekanan ekonomi membuat mereka terpaksa tetap mengambil keputusan untuk bekerja di pertambangan karena tidak mendapatkan pekerjaan yang lain. Dari hasil observasi di lokasi pertambangan ditemukan bahwa aktivitas pertambangan berpotensi meningkatkan ancaman tanah longsor. Dilihat dari teknik pertambangan, dimana penambang menggali bukit tidak secara berjenjang (trap-trap), namun asal menggali saja dan nampak bukaan penggalian yang tidak teratur dan membentuk dinding yang lurus dan menggantung (hanging wall) yang sangat rentan runtuh (longsor) dan dapat mengancam keselamatan jiwa para penambang. Pertambangan yang tidak dilakukan sesuai standar perlindungan lingkungan dapat merusak vegetasi tanah dan profil genetik tanah yang ada, sehingga tanah yang awalnya subur dapat berubah kering dan tandus. Pemanfaatan lahan yang tidak sesuai juga dapat mengubah topografi umum kawasan tambang secara permanen

yang dapat berakibat longsor. Perusakan atas alam atau lingkungan kini mencapai titik yang paling mengkhawatirkan bagi seluruh umat manusia. Perusakan atas lingkungan hidup terutama disebabkan karena hasrat manusia yang tidak terbendung untuk memanfaatkan lingkungan atau alam demi peningkatan taraf dan kualitas hidup manusia. Perbedaan antara merusak struktur tanah dan struktur hutan adalah kerusakan struktur tanah merupakan proses yang mengubah struktur tanah dari bukit menjadi datar, dari gunung yang menjulang kemudian menjadi berlubang. Sedangkan kerusakan struktur hutan yaitu merusak tutupan hutan, artinya ada tegakan kayu atau pohon kemudian menjadi gersang dan gundul, sehingga hal tersebut merupakan merusak struktur hutan.

Dampak Kesehatan

Pertambangan merupakan industri yang berisiko tinggi dengan sejumlah risiko operasional yang dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan. Pihak yang paling rentan terhadap risiko tersebut adalah para pekerja tambang, kehidupan para pekerja di luar situs tambang ternyata mampu mempengaruhi kesehatan dan keselamatan para pekerja di lokasi tambang. Dalam menilai risiko yang mempengaruhi kesehatan dan keselamatan, penting untuk diperhatikan bahwa penilaian tersebut hendaknya tidak hanya berfokus pada hal-hal yang berkaitan dengan suatu insiden tertentu saja (bahaya akut), namun juga pada hal-hal yang timbul akibat paparan berulang terhadap suatu bahaya (bahaya kronis). Bahaya akut sering dikaitkan dengan bahaya-bahaya utama cenderung ditangani dengan rencana-rencana manajemen yang spesifik. Bahaya kronis cenderung ditangani dengan persyaratan-persyaratan untuk menyediakan sebuah lingkungan kerja yang aman dan mengelola paparan pencemar dan bahaya lain ke dalam tingkat yang dapat diterima. Banyak isu keselamatan di situs tambang tidak berdampak pada masyarakat secara langsung. Namun demikian, telah diketahui bahwa konsekuensi-konsekuensi bagi keluarga para pekerja yang terkena cedera atau penyakit dan masyarakat dapat bersifat signifikan. Pengendalian akses menuju situs tambang,

Dampak Lingkungan

Kegiatan pertambangan dapat menimbulkan kerusakan lingkungan yang serius dalam suatu kawasan atau wilayah. Dampak tersebut secara fisik dapat dilihat seperti penggundulan hutan, pengotoran air sungai, berubahnya struktur tanah, dan lain lain. Dampak lingkungan pertambangan utama adalah pada waktu eksploitasi dan pemakaiannya untuk yang bisa digunakan sebagai energi (minyak, gas dan batu bara). Pencemaran lingkungan adalah suatu

keadaan yang terjadi karena perubahan kondisi tata lingkungan (tanah, udara dan air) yang tidak menguntungkan (merusak dan merugikan kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan) yang disebabkan oleh kehadiran benda-benda asing (seperti sampah, limbah industri, minyak, logam berbahaya, dsb.) Semakin besar skala kegiatan pertambangan, makin besar pula areaa dampak yang ditimbulkan Dampak lingkungan yang menyebabkan kerusakan lingkungan dalam jangka panjang berupa perubahan bentang alam, tanah longsor dan erosi, serta pencemaran air dalam lokasi pertambangan..(Mela Dondo Burhanuddin Kiyai, 2021)

Dampak Bahaya Ledakan Gas Dan Longsor Terhadap Keselamatan Kerja

Bahaya -industri pertambangan seperti runtuhnya terowongan, ledakana gas , longsoran tanah, kebakaran , dan paparan gas beracun yang sering kali menjadi penyebab utama kecelakaan fatal dalam industry pertambanagn , dapat menimbulkan kerugian bagi individu yang mengalaminya maupun bagi Perusahaan pertambangan terkait. Bagi pekerja, KK tersebut dapat menyebabkan cedera ringan hingga parah, bahkan kematian dampaknya tidak hanya terbatas pada pekerjaan , tetapi juga mempengaruhi keluarga pekerja, terutama jika pekerja mengalami cacat permanen atau meninggal dunia . KK dapat terjadi karena beberapa factor penyebab meliputi peralatan yang digunakn , bahan , cara kerja, manusia maupun lingkungan tempat kerja . factor manusia meliputi Tindakan tidak aman yang dilakukan oleh pekerja seperti bekerja tidak sesuai dengan standard operating procedure (SOP) dan kurangnya keterampilan. Sementara itu, factor lingkungan mencakup kondisi tidak aman di tempat kerja, seperti penggunaan peralatan atau mesin yang tidak layak , serta kondisi cuaca dan Lokasi kerja yang memiliki resiko tinggi (Susanto et al., 2024)

Sistem Ventilasi Tambang

Pengenalan tentang sistem ventilasi tambang

Sistem ventilasi tambang merupakan salah satu aspek kritis dalam operasi pertambangan bawah tanah yang bertujuan untuk menyediakan udara segar, menghilangkan gas beracun, serta menjaga kestabilan lingkungan kerja bagi para pekerja tambang. Ventilasi dalam tambang diperlukan untuk mengontrol kadar oksigen serta mengeluarkan gas-gas berbahaya seperti metana (CH₄), karbon monoksida (CO), dan debu yang dapat memicu ledakan atau gangguan kesehatan. Menurut McPherson (1993) dalam bukunya *Subsurface Ventilation and Environmental Engineering*, sistem ventilasi yang efektif harus mampu mengalirkan udara secara merata ke seluruh area kerja tambang serta mengurangi risiko akumulasi gas beracun

yang dapat membahayakan pekerja. Sistem ventilasi tambang terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk kipas utama (main fans), kipas bantu (auxiliary fans), saluran udara (ducting), serta sistem kontrol otomatis yang memantau kualitas udara di dalam tambang. Menurut penelitian yang dipublikasikan dalam *International Journal of Mining Science and Technology* (2018), kipas utama berfungsi untuk mengatur sirkulasi udara dalam skala besar, sementara kipas bantu membantu distribusi udara ke bagian-bagian tambang yang lebih dalam atau sulit dijangkau. Studi lain yang dilakukan oleh Cheng et al. (2019) dalam *Tunnelling and Underground Space Technology* menunjukkan bahwa pemilihan desain ventilasi yang tepat sangat bergantung pada karakteristik tambang, termasuk kedalaman, luas area kerja, serta potensi emisi gas berbahaya.

Selain memastikan suplai oksigen yang cukup, sistem ventilasi tambang juga berperan dalam mengontrol suhu dan kelembapan udara. Menurut penelitian dari Mishra & Ghosh (2020) dalam *Journal of Sustainable Mining*, suhu tinggi dalam tambang bawah tanah dapat menyebabkan kelelahan pekerja, mengurangi produktivitas, serta meningkatkan risiko kecelakaan. Oleh karena itu, ventilasi yang baik harus mampu menjaga suhu tetap dalam batas yang aman dan nyaman bagi para pekerja. Selain itu, kontrol terhadap kelembapan juga sangat penting karena udara yang terlalu lembab dapat menyebabkan korosi pada peralatan serta meningkatkan risiko pelapukan batuan yang dapat memicu longsor di dalam tambang. Dalam regulasi keselamatan kerja, berbagai standar telah ditetapkan untuk memastikan efektivitas sistem ventilasi tambang. Menurut Mine Safety and Health Administration (MSHA) dan Occupational Safety and Health Administration (OSHA), sistem ventilasi harus dirancang agar kadar oksigen dalam tambang tetap di atas 19,5%, sementara kadar gas beracun seperti karbon monoksida dan metana tidak boleh melebihi batas yang dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan pekerja. Sebuah studi dalam *Journal of Occupational Safety and Ergonomics* (2021) menunjukkan bahwa penerapan standar ventilasi yang ketat di beberapa negara telah berhasil mengurangi insiden kecelakaan tambang akibat ledakan gas dan gangguan pernapasan yang disebabkan oleh ventilasi yang buruk. Seiring perkembangan teknologi, sistem ventilasi tambang kini semakin canggih dengan penggunaan sensor otomatis dan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT).

Teknologi ini memungkinkan deteksi dini terhadap peningkatan kadar gas beracun, perubahan suhu ekstrem, serta masalah dalam aliran udara, sehingga tindakan pencegahan dapat segera dilakukan. Menurut penelitian yang dipublikasikan dalam *Mining Engineering Journal*

(2022), penggunaan sistem ventilasi pintar berbasis IoT telah terbukti meningkatkan efisiensi energi serta mempercepat respons dalam kondisi darurat. Dengan demikian, pengenalan dan pemahaman yang baik tentang sistem ventilasi tambang menjadi sangat penting untuk meningkatkan keselamatan kerja serta efisiensi operasional dalam industri pertambangan bawah tanah.

Fungsi dan peran sistem ventilasi tambang dalam mengurangi risiko bahaya ledakan gas dan longsor

Sistem ventilasi tambang memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keselamatan kerja serta mengurangi risiko bahaya ledakan gas dan longsor di area pertambangan bawah tanah. Ventilasi yang baik memastikan suplai udara segar yang cukup bagi para pekerja serta membantu mengendalikan konsentrasi gas-gas berbahaya seperti metana (CH₄), karbon monoksida (CO), dan debu eksplosif. Menurut McPherson (1993) dalam *Subsurface Ventilation and Environmental Engineering*, sistem ventilasi yang dirancang dengan baik dapat secara signifikan menurunkan risiko akumulasi gas yang mudah terbakar dan meminimalkan potensi ledakan. Jurnal dari *International Journal of Mining Science and Technology* (2018) juga mengungkapkan bahwa perencanaan ventilasi yang tidak memadai dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi gas metana yang melebihi batas aman, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya ledakan.

Selain mengontrol gas, sistem ventilasi juga berperan dalam mengatur kelembapan dan temperatur di dalam tambang, yang berkontribusi terhadap stabilitas dinding-dinding terowongan. Studi oleh Mishra & Ghosh (2020) dalam *Journal of Sustainable Mining* menunjukkan bahwa kelembapan tinggi akibat sirkulasi udara yang buruk dapat menyebabkan pelapukan batuan yang lebih cepat, sehingga meningkatkan risiko longsor. Oleh karena itu, sistem ventilasi yang baik dapat membantu mengurangi kelembapan berlebih dan menjaga kestabilan struktur tambang. Hal ini diperkuat oleh penelitian dari Cheng et al. (2019) dalam *Tunnelling and Underground Space Technology*, yang menjelaskan bahwa tekanan udara yang diatur dengan tepat dalam sistem ventilasi dapat mengurangi kemungkinan pelepasan gas beracun dari lapisan batuan yang tidak stabil.

Selain faktor teknis, aspek regulasi dan kebijakan terkait ventilasi tambang juga menjadi perhatian penting. Menurut standar yang diterbitkan oleh Occupational Safety and Health Administration (OSHA) dan Mine Safety and Health Administration (MSHA), sistem ventilasi harus dirancang untuk menjaga kadar oksigen di atas 19,5% serta memastikan bahwa kadar gas

berbahaya berada di bawah ambang batas yang ditetapkan. Dalam studi yang diterbitkan oleh *Journal of Occupational Safety and Ergonomics* (2021), penerapan kebijakan ketat terkait ventilasi tambang terbukti mengurangi insiden kecelakaan akibat ledakan gas di berbagai negara dengan industri pertambangan aktif, seperti Tiongkok, Australia, dan Amerika Serikat.

Teknologi modern dalam sistem ventilasi juga semakin berkembang untuk meningkatkan efektivitas dalam mencegah bahaya di tambang. Penggunaan sensor gas otomatis dan sistem pemantauan real-time memungkinkan deteksi dini terhadap peningkatan kadar gas berbahaya, sehingga langkah pencegahan dapat segera diambil. Menurut penelitian yang dipublikasikan dalam *Mining Engineering Journal* (2022), penggunaan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) telah terbukti mampu meningkatkan respons cepat dalam keadaan darurat serta mempercepat pengambilan keputusan dalam pengaturan aliran udara tambang. Dengan demikian, sistem ventilasi tambang memegang peran krusial dalam mengurangi risiko ledakan gas dan longsor melalui berbagai mekanisme, termasuk pengendalian gas, pengaturan suhu dan kelembapan, serta penerapan regulasi yang ketat. Perkembangan teknologi dalam bidang ventilasi semakin meningkatkan efektivitas sistem ini, sehingga dapat memberikan perlindungan yang lebih baik bagi para pekerja tambang. Oleh karena itu, investasi dalam sistem ventilasi yang modern dan efisien harus menjadi prioritas dalam industri pertambangan guna mengurangi risiko kecelakaan serta meningkatkan keselamatan kerja secara keseluruhan.

Desain dan implementasi sistem ventilasi tambang yang efektif

Desain dan implementasi sistem ventilasi tambang yang efektif merupakan faktor utama dalam menjaga keselamatan dan efisiensi operasional tambang bawah tanah. Ventilasi yang baik harus mampu mengalirkan udara segar ke seluruh area kerja tambang serta mengeluarkan gas beracun dan debu yang dapat membahayakan kesehatan pekerja. Menurut McPherson (1993) dalam *Subsurface Ventilation and Environmental Engineering*, desain ventilasi tambang harus mempertimbangkan berbagai faktor seperti geometri tambang, potensi emisi gas, serta kebutuhan udara berdasarkan jumlah pekerja dan peralatan yang digunakan. Selain itu, penelitian yang diterbitkan dalam *International Journal of Mining Science and Technology* (2018) menunjukkan bahwa pemilihan jenis ventilasi—baik itu sistem aliran udara utama (main ventilation) maupun sistem bantu (auxiliary ventilation)—berpengaruh langsung terhadap kestabilan atmosfer dalam tambang. Dalam proses desain, terdapat dua metode utama yang digunakan, yaitu ventilasi tekanan positif dan ventilasi tekanan negatif. Ventilasi tekanan positif

mendorong udara bersih ke dalam tambang melalui kipas utama, sedangkan ventilasi tekanan negatif menarik udara kotor keluar dari tambang. Studi yang dilakukan oleh Cheng et al. (2019) dalam *Tunnelling and Underground Space Technology* menyebutkan bahwa kombinasi kedua metode ini sering digunakan untuk meningkatkan efektivitas distribusi udara, terutama di tambang dengan struktur kompleks. Selain itu, desain ventilasi juga harus mempertimbangkan penggunaan pintu udara (air doors), penghalang udara (stoppings), serta sistem pemisahan jalur udara untuk mencegah pencampuran gas berbahaya dengan udara segar.

Implementasi sistem ventilasi yang efektif juga bergantung pada pemantauan dan pengendalian kualitas udara secara real-time. Teknologi modern seperti sensor gas otomatis dan sistem berbasis Internet of Things (IoT) telah banyak diterapkan untuk mendeteksi perubahan kadar oksigen, karbon monoksida, serta metana di dalam tambang. Menurut penelitian dari Mishra & Ghosh (2020) dalam *Journal of Sustainable Mining*, penggunaan sistem pemantauan berbasis IoT dapat meningkatkan respons cepat dalam situasi darurat serta mengoptimalkan konsumsi energi kipas ventilasi. Sementara itu, jurnal *Mining Engineering Journal* (2022) mengungkapkan bahwa integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam sistem ventilasi memungkinkan penyesuaian aliran udara secara otomatis berdasarkan kondisi tambang yang terus berubah.

Faktor regulasi dan kebijakan juga memiliki peran penting dalam desain dan implementasi ventilasi tambang yang efektif. Standar internasional seperti yang dikeluarkan oleh Mine Safety and Health Administration (MSHA) dan Occupational Safety and Health Administration (OSHA) menetapkan bahwa ventilasi tambang harus mampu menjaga kadar oksigen di atas 19,5% serta memastikan bahwa kadar metana tidak melebihi 1% untuk menghindari risiko ledakan. Dalam studi yang dipublikasikan oleh *Journal of Occupational Safety and Ergonomics* (2021), kepatuhan terhadap regulasi ini terbukti berhasil menurunkan angka kecelakaan akibat buruknya sistem ventilasi di berbagai tambang di Amerika Serikat dan Australia. Oleh karena itu, selain desain teknis yang optimal, pengawasan dan pemenuhan standar keselamatan juga menjadi aspek yang tidak bisa diabaikan dalam implementasi sistem ventilasi tambang. Dengan meningkatnya kompleksitas operasi tambang bawah tanah, inovasi dalam desain dan implementasi ventilasi terus berkembang untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja. Penggunaan model simulasi berbasis komputer, seperti Computational Fluid Dynamics (CFD), telah membantu perencanaan ventilasi yang lebih akurat dengan menganalisis pola aliran udara sebelum sistem diterapkan. Menurut penelitian yang diterbitkan dalam *Tunnelling and Underground Space Technology* (2023), metode ini memungkinkan

insinyur tambang untuk mengoptimalkan desain ventilasi dan mengurangi potensi kesalahan dalam implementasi. Dengan demikian, pengembangan sistem ventilasi tambang yang lebih modern dan adaptif menjadi langkah penting dalam meningkatkan keselamatan serta produktivitas industri pertambangan bawah tanah. (Lintang Putri Kusuma, 2024)

Sistem ventilasi tambang bawah tanah dapat dibedakan ke dalam dua macam sistem yaitu sistem ventilasi alami (natural ventilation sistem) dan sistem ventilasi mekanis (mechanical ventilation sistem).

Sistem ventilasi alami (natural ventilation sistem) adalah suatu sistem ventilasi yang mengalirkan udara ke dalam tambang dengan memanfaatkan keadaan dan tenaga alam. Mengalirnya udara disebabkan karena adanya perbedaan tekanan antara jalan udara masuk dengan jalan udara keluar. Perbedaan ini harus cukup besar agar dapat mengatasi adanya gesekan belokan dan perubahan penampang pada aliran udara di dalam tambang. Ventilasi alami sangat tergantung dari perbedaan ketinggian bukaan serta perbedaan temperatur di dalam dan di luar tambang. Makin besar perbedaan tersebut maka tekanan ventilasi alam akan semakin besar pula. Apabila temperatur udara di dalam tambang lebih tinggi dari temperatur udara di luar tambang (misalnya pada malam hari atau pada saat musim hujan) maka tekanan udara di dalam tambang akan lebih besar dari tekanan udara di luar tambang sehingga udara akan mengalir dari luar tambang ke dalam tambang.

Sistem ventilasi mekanis (mechanical ventilation sistem) adalah suatu sistem ventilasi yang udara ke dalam tambang dengan menggunakan mesin angin sebagai alat untuk memberikan perbedaan tekanan. Sistem ventilasi ini dibedakan menjadi dua sistem hisap dan sistem hembus. Sistem Hisap (Exhaust System) Pada sistem ini mesin angin induk diletakkan pada jalan udara keluar. Dengan adanya isapan mesin angin ini, maka tekanan udara di dalam tambang akan mengecil dan udara dari luar tambang yang bertekanan besar akan masuk ke dalam

1. sistem ventilasi tambang

Sistem ventilasi tambang bawah tanah adalah kesatuan cara yang digunakan untuk mengalirkan udara segar ke dalam tambang bawah tanah agar pekerjaan dilakukan dengan nyaman dan efektif. Berdasarkan cara mengalirkan udara ke dalam tambang, sistem ventilasi dibagi menjadi dua, yaitu:

2. Sistem ventilasi alami

Sistem ini terbentuk secara alami sering dengan pembuatan terowongan tambang. Jika suatu tambang memiliki shaft yang saling berhubungan pada kedalaman tertentu, sejumlah udara akan mengalir masuk ke dalam tambang walaupun tanpa alat bantu.

3. Sistem ventilasi buatan

Sistem ini merupakan jenis sistem ventilasi dimana pergerakan aliran udara masuk ke dalam tambang disebabkan oleh perbedaan tekanan yang diciptakan oleh gerakan bilah Fan mekanis (McPherson, 1993). Fan digerakkan dengan bantuan listrik. Fan pada sistem ini bertugas sebagai pengatur sirkulasi udara sehingga setiap front kerja pada tambang akan tersuplai udara cukup.

Sistem ventilasi digolongkan menjadi dua bagian menurut fungsinya yaitu :

a. Sistem ventilasi utama (main ventilation system)

Sistem ventilasi utama yaitu pengaliran udara segar menggunakan Fan utama dengan power yang besar berfungsi mengalirkan udara segar ke seluruh tambang bawah tanah

b. Sistem ventilasi bantu (auxiliary ventilation system)

Sistem ventilasi bantu yaitu pengaliran udara segar menggunakan Fan bantuan dengan power yang lebih kecil dari pada Fan pada ventilasi utama. Biasanya, digunakan pada lokasi-lokasi yang memerlukan tambahan pressure.

Jaringan Ventilasi

Ventiasi tambang bawah tanah merupakan gabungan dari beberapa jalur udara yang saling berhubungan antara satu sama lain. Jalur-jalur udara tersebut digambarkan dengan titik-titik (node) yang saling berhubungan untuk membentuk suatu jaringan, oleh karena itu suatu jalur udara dapat terbagi lagi menjadi beberapa jalur udara. Jaringan ventilasi dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu jaringan ventilasi seri dan jaringan ventilasi paralel.(Nusa et al., 2022)Sistem kerja (sistem peringatan terhadap gas, sistem ventilasi, penilaian risiko, pelatihan, prosedur dan kepengawasan) berpengaruh terhadap kecelakaan kerja terpapar gas beracun Analisis literatur yang digunakan untuk menjawab pertanyaan Bagaimana sistem kerja (sistem peringatan terhadap gas, sistem ventilasi, penilaian risiko, pelatihan, prosedur dan kepengawasan) berpengaruh terhadap kecelakaan kerja terpapar gas beracun adalah dengan menggunakan metode gap penelitian. banyaknya penelitian tentang pengaruh penilaian risiko untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja pada tenaga kerja dan

menjadi topik yang menarik untuk dikaji lebih dalam yaitu sebanyak 15.900 artikel yaitu penelitian (Janjuhah, 2021) (Ihsan T. a., 2020) (Yenita, 2018) (Ramadhan, 2017) (Ponda, 2019) maka dapat disimpulkan bahwa faktor penilaian risiko menjadi faktor yang paling penting diterapkan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja di tempat kerja. Pada tambang bawah tanah ventilasi merupakan hal yang sangat penting. Salah satu faktor yang mempengaruhi baik atau tidaknya ventilasi dilihat dari kuantitas dan kualitas udaranya. Parameter kuantitas udara dapat dilihat dari kecepatan dan debit

Strategi pengendaliannya

Hazard dan Risiko Pertambangan

Menurut Canadian Centre for Occupational Health & Safety, hazard merupakan suatu kondisi atau potensi bahaya, dimana hazard ini dibagi atas dua kategori, yakni bahaya terkait kesehatan (menyebabkan penyakit akibat kerja) dan bahaya Keselamatan (menyebabkan kerusakan fisik – luka). Sedangkan risiko adalah kesempatan atau kemungkinan seseorang akan terluka atau mengalami efek kesehatan yang merugikan jika terkena bahaya. Ini mungkin juga berlaku untuk situasi dengan kehilangan harta atau peralatan, atau dampak buruk terhadap lingkungan. Adapun faktor yang mempengaruhi tingkat atau kemungkinan risiko, yakni:

1. Sifat eksposur: seberapa banyak individu terpapar keadaan atau kondisi berbahaya (misalnya , berapa Pengendalian Hazard dan Risiko di Pertambangan Hierarchy of Controls yang dapat diterapkan untuk pengendalian bahaya di pertambangan yang dapat di rujuk dari Jon Treen (2015) yakni dijabarkan pada poin-poin berikut.

a. Eliminasi

Eliminasi merupakan tahapan teratas dalam pengendalian hazard dan risiko di lingkungan kerja, dalam hal ini yakni menghilangkan segala bentuk kesalahan pada saat desain yang bertujuan untuk menghilangkan kemungkinan yang mungkin timbul akibat kesalahan manusia ketika menjalankan suatu sistem. Sehingga metode ini tidak bertumpu pada mengandalkan perilaku manusi untuk berubah dalam menghindari risiko sekalipun masih ada bukti tidak selalu praktis dan juga tidak ekonomis (IndoHSE, 2012).

b. Substitusi

Metode pengendalian terhadap bahaya dan risiko merupakan hierarki kedua yang dimaksud untuk mengganti bahan, pengoperasian atau prosesnya agar meminimalkan insiden yang tidak diinginkan. Seperti menggunakan peralatan tambang dalam mengambil mineral di bawah tanah secara otomatis sekalipun mesin yang dimaksud

masih tetap dioperasikan oleh operator diawal namun hal ini berarti para pekerja tidak perlu langsung berinteraksi dengan mineral- mineral yang ingin diambil/digali dikarenakan kemungkinan adanya material runtuh disekitar pengambilan mineral. Dapat juga dengan mengendalikan kecepatan mesin baik mesin pemboran, pengangkutan, dan lain sebagainya (IndoHSE, 2012).

c. Perancangan

Perancangan dalam hal ini ialah memisahkan bahaya dengan pekerja untuk mencegah kesalahan pekerja baik jarak maupun waktu. Misalnya merancang peralatan kerja sesuai dengan kebutuhan di lapangan (pisau pemotong khusus untuk mineral padat), secara teratur selalu mengganti atau mengecek kualitas ketajaman pisau (tetap tajam), dan lain sebagainya (Queensland Government, 2017). Administrasi. Hierarki keempat lebih menekankan pada memberikan pengendalian dari sisi pekerja yang akan bertugas dalam pekerjaan yakni diharapkan dengan mematuhi metode kendali, berlandaskan atas kapasitas dan standar operasional maka diharapkan dengan metode ini pekerja dapat bekerja secara aman

d. APD

APD atau alat pelindung diri merupakan peralatan yang paling dibutuhkan di lingkungan kerja hal ini kaena fungsinya dalam pengendaian bahaya bagi para pekerja dalam beraktifitas sekalipun lebih kepada mengurangi paparan selama bekerja. Seperti kaca mata keselamatan agar material tidak langsung mengenai mata pekerja, sarung tangan untuk mencegah tangan dari bahan yang kasar dan atau bahan kimia berbahaya yang dapat mencederai tangan, sepatu khusus sebagai pelindung kaki dari luka akibat terbentur benda, dsb (Khalid Syafrianto et al., 2019).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Keselamatan Pertambangan adalah segala kegiatan yang meliputi pengelolaan keselamatan dan kesehatan kerja pertambangan dan keselamatan operasional dan sehat melalui upaya pengelolaan keselamatan kerja, kesehatan kerja, lingkungan kerja, dan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja. Keselamatan Operasi Pertambangan adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi operasional tambang yang aman, efisien, dan produktif melalui upaya, antara lain pengelolaan sistem dan pelaksanaan pemeliharaan/perawatan sarana, prasarana, instalasi, dan peralatan pertambangan, pengamanan

instalasi, kelayakan sarana, prasarana, instalasi, dan peralatan pertambangan, kompetensi tenaga teknik, dan evaluasi laporan hasil kajian teknis pertambangan (Kepdirjen Minerba 185.K, 2019). Keselamatan kerja di pertambangan sangat penting karena industri ini memiliki risiko tinggi terhadap kecelakaan dan bahaya kesehatan. Ledakan gas, longsor, runtuhnya terowongan, serta paparan debu dan gas beracun dapat membahayakan pekerja. Oleh karena itu, penerapan sistem keselamatan kerja yang ketat, seperti ventilasi yang baik, pelatihan pekerja, pemantauan lingkungan, dan kepatuhan terhadap regulasi K3, sangat diperlukan untuk mengurangi risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Selain melindungi pekerja, keselamatan kerja juga berkontribusi pada produktivitas dan keberlanjutan industri pertambangan.

Saran

Dalam mengembangkan pertambangan dan energi di Indonesia, perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam tentang bahaya ledakan gas, longsor, dan sistem ventilasi tambang. Penelitian ini dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kejadian tersebut dan mengembangkan strategi untuk mengurangi risiko. Penelitian ini juga dapat membantu mengembangkan sistem ventilasi tambang yang lebih efektif dan efisien, sehingga dapat mengurangi risiko ledakan gas dan longsor. Selain itu, penelitian ini juga dapat membantu mengembangkan kebijakan dan regulasi yang lebih ketat dan efektif dalam mengatur pertambangan dan energi di Indonesia. Dalam melakukan penelitian ini, perlu dilakukan analisis yang lebih mendalam tentang data dan informasi yang terkait dengan bahaya ledakan gas, longsor, dan sistem ventilasi tambang. Selain itu, perlu dilakukan juga wawancara dan observasi lapangan untuk mengumpulkan data dan informasi yang lebih akurat dan relevan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengembangkan pertambangan dan energi di Indonesia, serta membantu mengurangi risiko ledakan gas dan longsor di pertambangan. Selain itu, penelitian ini juga dapat membantu mengembangkan kebijakan dan regulasi yang lebih ketat dan efektif dalam mengatur pertambangan dan energi di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

ANALISIS PENGENDALIAN RISIKO KEGAGALAN PROSES PADA PEKERJAAN RIG DENGAN METODE FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA) DAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA) PT. XYZ lintang putri kusuma. (2024).

- irfan ade. (2024). *KAJIAN K3 DENGAN METODE PHA PADA KEGIATAN PELEDAKAN TAMBANG BATU DI PT. LABU MINING KABUPATEN SINTANG PROVINSI KALIMANTAN BARAT*.
- ISMI, H. (2015). HAK ATAS TANAH DALAM PENGELOLAAN SUMBER DAYA ALAM MINERAL DAN BATUBARA. *Jurnal Ilmu Hukum*, 5(2), 180. <https://doi.org/10.30652/jih.v4i2.2792>
- Khalid Syafrianto, M., Meilasari, F., Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak, J., & Teknik Pertambangan, D. (2019). *KAJIAN (K3) PELEDAKAN DALAM PENGENDALIAN BAHAYA DAN RISIKO SISTEM PENAMBANGAN DI PT HANSINDO MINERAL PERSADA*.
- Kolaborasi, J., & Konflik, R. (2021). *MASALAH KONFLIK PERTAMBANGAN DI INDONESIA MINING CONFLICT ISSUES IN INDONESIA*. 6.
- Mela Dondo Burhanuddin Kiyai, S. (2021). *DAMPAK SOSIAL PENGELOLAAN TAMBANG EMAS DI DESA BAKAN KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW* (Vol. 2021).
- Mela Dondo Burhanuddin Kiyai, S. (2022). *DAMPAK SOSIAL PENGELOLAAN TAMBANG EMAS DI DESA BAKAN KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW* (Vol. 2021).
- Nusa, D. P., Letari, A., Salak, D., Talawi, K., Sawahlunto, K., Rizka Sestiana, S. B., & Heriyadi, B. (2022). Perencanaan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Seam C2. *Jurnal Bina Tambang*, 4(2).
- Nusa, D. P., Letari, A., Salak, D., Talawi, K., Sawahlunto, K., Rizka Sestiana, S. B., & Heriyadi, B. (2023). Perencanaan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Seam C2. *Jurnal Bina Tambang*, 4(2).
- Penelitian, L., Hasil, P., Ensiklopedia, P., Herlina, Y., Murdina, W., Sekolah, A., Ilmu, T., & Indonesia, K. (2022). *GAMBARAN PENGETAHUAN DAN SIKAP PEKERJA TAMBANG BATUBARA TENTANG KESELAMATAN KERJA DI PT.SURYA ANUGRAH SEJAHTERA PROPINSI JAMBI*. 4. <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- Susanto, A., Usman, U., Sarah Yuliasari, F., Wiryanta, W., Citra Budi, S., Pane, Y., Bima Prasetyo, D., Terapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, M., & Gadjah Mada, U. (2024). *Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Penentuan Pengendalian Pada Operasi Pertambangan: Systematic Literature Review Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control in Mining Operation: Systematic Literature Review*.

- Yukie Peramesti, P. A. (2022). *PROSIDING TPT XXIX PERHAPI 2020 STUDI PROSES LEDAKAN AKIBAT GAS METANA BATUBARA PADA TEROWONGAN TAMBANG SKALA LABORATORIUM DENGAN SIMULASI COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS ANSYS FLUENT*
- ANALISIS PENGENDALIAN RISIKO KEGAGALAN PROSES PADA PEKERJAAN RIG DENGAN METODE FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA) DAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA) PT. XYZ lintang putri kusuma. (2024).*
- irfan ade. (2024). *KAJIAN K3 DENGAN METODE PHA PADA KEGIATAN PELEDAKAN TAMBANG BATU DI PT. LABU MINING KABUPATEN SINTANG PROVINSI KALIMANTAN BARAT.*
- ISMI, H. (2015). HAK ATAS TANAH DALAM PENGELOLAAN SUMBER DAYA ALAM MINERAL DAN BATUBARA. *Jurnal Ilmu Hukum*, 5(2), 180.
<https://doi.org/10.30652/jih.v4i2.2792>
- Khalid Syafrianto, M., Meilasari, F., Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak, J., & Teknik Pertambangan, D. (2019). *KAJIAN (K3) PELEDAKAN DALAM PENGENDALIAN BAHAYA DAN RISIKO SISTEM PENAMBANGAN DI PT HANSINDO MINERAL PERSADA.*
- Kolaborasi, J., & Konflik, R. (2021). *MASALAH KONFLIK PERTAMBANGAN DI INDONESIA MINING CONFLICT ISSUES IN INDONESIA. 6.*
- Mela Dondo Burhanuddin Kiyai, S. (2021). *DAMPAK SOSIAL PENGELOLAAN TAMBANG EMAS DI DESA BAKAN KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW (Vol. 2021).*
- Mela Dondo Burhanuddin Kiyai, S. (2022). *DAMPAK SOSIAL PENGELOLAAN TAMBANG EMAS DI DESA BAKAN KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW (Vol. 2021).*
- Nusa, D. P., Letari, A., Salak, D., Talawi, K., Sawahlunto, K., Rizka Sestiana, S. B., & Heriyadi, B. (2022). Perencanaan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Seam C2. *Jurnal Bina Tambang*, 4(2).
- Nusa, D. P., Letari, A., Salak, D., Talawi, K., Sawahlunto, K., Rizka Sestiana, S. B., & Heriyadi, B. (2023). Perencanaan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Seam C2. *Jurnal Bina Tambang*, 4(2).
- Penelitian, L., Hasil, P., Ensiklopedia, P., Herlina, Y., Murdina, W., Sekolah, A., Ilmu, T., & Indonesia, K. (2022). *GAMBARAN PENGETAHUAN DAN SIKAP PEKERJA TAMBANG*

BATUBARA TENTANG KESELAMATAN KERJA DI PT.SURYA ANUGRAH SEJAHTERA PROPINSI JAMBI. 4. <http://jurnal.ensiklopediaku.org>

Susanto, A., Usman, U., Sarah Yuliasari, F., Wiryanta, W., Citra Budi, S., Pane, Y., Bima Prasetio, D., Terapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, M., & Gajah Mada, U. (2024). *Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Penentuan Pengendalian Pada Operasi Pertambangan: Systematic Literature Review Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control in Mining Operation: Systematic Literature Review.*

Yukie Peramesti, P. A. (2022). *PROSIDING TPT XXIX PERHAPI 2020 STUDI PROSES LEDAKAN AKIBAT GAS METANA BATUBARA PADA TEROWONGAN TAMBANG SKALA LABORATORIUM DENGAN SIMULASI COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS ANSYS FLUENT*