

## ANALISIS FAKTOR MANUSIA DALAM KECELAKAAN TAMBANG

Fadli Zuchri<sup>1\*</sup>, Dadan Erwandi<sup>2</sup>

Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia<sup>1,2</sup>

\*Corresponding Author : fadli34@gmail.com

### ABSTRAK

Sektor pertambangan merupakan salah satu sektor industri dengan risiko keselamatan tertinggi yang ditunjukkan oleh tingginya angka kecelakaan di pertambangan. Berdasarkan data dari Minerba, telah terjadi 881 kecelakaan tambang pada periode 2013-2021 dan 195 dari kecelakaan tersebut berakibat kematian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor manusia dalam kecelakaan tambang. Metoda yang digunakan adalah *literature review* dengan menggunakan kata kunci faktor manusia, kecelakaan tambang, dan kecelakaan tambang akibat faktor manusia melalui *database* elektronik. Dari 16 jurnal yang ditinjau, faktor-faktor manusia dalam kecelakaan tambang adalah kepatuhan terhadap prosedur dan aturan, kompetensi, pengawasan kerja, kesadaran terhadap keselamatan kerja, perilaku keselamatan, kebugaran kerja, dan pengalaman. Dari tujuh faktor manusia tersebut, yang paling banyak muncul dalam 16 jurnal yang direview adalah ketidakpatuhan karyawan tambang terhadap prosedur dan aturan, karyawan tambang yang tidak memiliki kompetensi, kurangnya jumlah pengawas kerja dan kepengawasan kerja tidak efektif, serta rendahnya kesadaran terhadap keselamatan kerja.

**Kata kunci** : faktor manusia, kecelakaan, kecelakaan tambang

### ABSTRACT

*The mining sector is one of the industrial sectors with the highest safety risks as indicated by the high number of accidents in mining. Based on data from Minerba, there have been 881 mining accidents in the 2013-2021 period and 195 of these accidents resulted in death. This study aims to analyze the human factor in mining accidents. The method used is a literature review using the keywords human factors, mining accidents, and mining accidents due to human factors through electronic databases. Of the 16 journals reviewed, human factors in mining accidents are compliance with procedures and rules, competency, work supervision, awareness of work safety, safety behavior, work fitness, and experience. Of the seven human factors, the most common in the 16 journals reviewed were mining employee non-compliance with procedures and rules, incompetent mine employees, lack of work supervisors and ineffective work supervision, and low awareness of work safety.*

**Keywords** : human factor, accident, mine accident

### PENDAHULUAN

Kecelakaan kerja adalah kejadian tidak diinginkan dan tidak terencana yang mengakibatkan cedera atau kerusakan yang tidak diharapkan (Harms-Ringdahl, 2013). Menurut Kepdirjen No 185 tahun 2019, definisi kecelakaan tambang adalah apabila sebuah kecelakaan telah memenuhi 5 hal, yaitu (1) kejadiannya nyata, bukan disabotase, tidak ada niat atau unsur kesengajaan serta tidak ada perencanaan untuk terjadi, (2) mengakibatkan cedera pada pekerja tambang atau siapapun personil yang sudah diberikan izin oleh kepala teknik tambang (KTT) untuk beraktivitas, (3) timbul oleh aktivitas usaha pertambangan atau pengolahan dan/atau pemurnian atau kegiatan penunjang lainnya, (4) kejadian pada jam kerja, dan (5) kejadian tersebut berada di dalam wilayah kegiatan usaha pertambangan.

Mengacu kepada tiga (3) masa kerja keselamatan kerja (Hale & Hovden, 1998), faktor manusia dalam kecelakaan kerja mulai diteliti pada era ke dua yaitu pada periode 1980-1993. Pemicunya adalah kecelakaan pada pembangkit listrik tenaga nuklir di Three Mile Island (TMI), Pennsylvania, Amerika Serikat, pada tanggal 28 Maret 1979. Pada periode tersebut

penelitian terhadap faktor manusia dan kaitannya dengan kinerja keselamatan berkembang dengan pesat. Fokus terhadap faktor manusia mulai berkembang ke identifikasi kesalahan manusia dan mengurangi kesalahan manusia untuk meningkatkan kehandalan dari manusia (reliability). (Rasmussen, 1982) membuat sebuah model yang paling penting dalam kesalahan manusia yaitu dengan mengklasifikasikan kesalahan manusia menjadi kesalahan berbasis keterampilan (skill-based), berbasis aturan (rule-based), dan berbasis pengetahuan (knowledge-based).

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *literatur review* yaitu dengan cara mencari referensi jurnal atau artikel pada *database* elektronik yang relevan dengan judul penelitian. *Database* elektronik yang digunakan untuk mencari jurnal dan artikel dalam penelitian ini adalah Google Scholar (<https://scholar.google.com/>) dan Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>). Dengan menggunakan kata kunci “*Human Factors*” or “*Mine Accident*” dalam pencarian jurnal dan artikel.

Kriteria inklusinya yaitu jurnal dapat diakses secara bebas dan terakreditasi., jurnal terbit dalam kurun waktu 2018-2023, jurnal berbahasa Inggris, jurnal berupa penelitian, yang membahas tentang faktor manusia dalam kecelakaan tambang. Kriteria ekslusinya yaitu jurnal berisi *literature review* dan jurnal tidak membahas tentang faktor manusia dalam kecelakaan tambang.

## HASIL

Pencarian jurnal atau artikel dengan metode *literature review* menggunakan Google Scholar (<https://scholar.google.com/>) dan Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>) dengan kata kunci “*Human Factors*” or “*Mine Accident*” menghasilkan 415 jurnal atau artikel yang bisa diakses secara online dan terakreditasi dalam kurun waktu 2013-2023 dalam bahasa Inggris. Setelah dilakukan *screening* terhadap 415 jurnal atau artikel berdasarkan kriteria inklusi dan ekslusi, diperoleh 16 jurnal yang memuat faktor manusia dalam kecelakaan tambang.

**Tabel 1. Literature Review**

No	Peneliti	Judul & Penerbit	Subjek	Faktor Manusia
1	(Chen, Qiao, & Zeng, 2019)	Study on the Relationship between Worker States and Unsafe Behaviours in Coal Mine Accidents Based on a Bayesian Networks Model	Studi kasus di tambang Cina. Menggunakan Bayesian Network (BN), struktur grafis jaringan yang dibantu oleh tiga ahli dari biro keselamatan tambang batu bara	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Safety awareness</li> <li>● Experience</li> <li>● Poor fitness</li> </ul>
2	(Tong et al., 2018)	An Interactive Model among Potential Human Risk Factors: 331 Cases of Coal Mine Roof Accidents in China	Menganalisa 331 kecelakaan atap tambang dari tahun 1983 sampai 2014 di Cina	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pengatahuan</li> <li>● Informasi</li> <li>● Komunikasi</li> </ul>
3	(Kumar, Gupta, &	Estimation of human error rate in	Menggunakan laporan kecelakaan dari semua aktivitas tambang:	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Slip</li> <li>● Kesalahan</li> </ul>

	Gunda, 2020)	underground coal mines through retrospective analysis of mining accident reports and some error reduction strategies	Drilling/Peledakan, Loading/Unloading, Supporting, Miscellaneous. Transportasi, Maintenance,	berbasis pengetahuan
4	(Theophilus Joe-Asare, 2022)	Causal and contributing factors of accidents in the Ghanaian mining industry	701 laporan investigasi kecelakaan dikumpulkan dari 7 lokasi tambang skala besar. Laporan-laporan tersebut diklasifikasikan dan diberi kode menggunakan analisis faktor manusia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak memenuhi prosedur</li> </ul>
5	(Yuxin et al., 2023)	Modelling and analysis of unsafe acts in coal mine gas explosion accidents based on network theory	Menganalisis 86 kecelakaan ledakan gas berat ke atas di China antara tahun 2005 dan 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurangnya edukasi keselamatan</li> <li>• Kurangnya training keahlian</li> </ul>
6	(Fu, Xie, Jia, Tong, & Ge, 2020)	Accidents analysis and prevention of coal and gas outburst: Understanding human errors in accidents	Analisis statistic terhadap semburan batu bara dan gas di Cina dari tahun 2008 hingga 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebiasaan pelanggaran</li> <li>• Kurangnya pengetahuan keselamatan</li> </ul>
7	(Stemn & Benyarku, 2023)	Mineworkers' perspective of fatigue: A study of the Ghanaian mining industry	Survei dilakukan terhadap 1131 pekerja di lima tambang emas skala besar di Ghana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebugaran</li> </ul>
8	(Qiu, Liu, Li, Zhang, & Zhang, 2021)	Construction and analysis of a coal mine accident causation network based on text mining	Dengan <i>text mining</i> dari 307 laporan kecelakaan, 52 faktor penyebab kecelakaan utama diidentifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurangnya mekanisme pengawasan yang efektif</li> </ul>
9	(Tong et al., 2019)	Risk Assessment of Miners' Unsafe Behaviors: A Case Study of Gas Explosion Accidents in Coal Mine, China	200 kecelakaan ledakan gas tambang batu bara dipilih untuk mengekstraksi perilaku tidak aman.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurangnya inspeksi</li> </ul>
10	(Niu & Zhao, 2022)	The Effect of Safety Attitudes on Coal Miners' Human Errors: A Moderated Mediation Model	Menggunakan data dari 246 pekerja tambang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesadaran terhadap keselamatan kerja</li> </ul>
11	(Kirin et al., 2021)	Human factor risk management procedures applied in the case of open pit mine	Survei melibatkan 476 pekerja tambang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelanggaran aturan</li> </ul>
12	(J. Zhang et al., 2020)	Root causes of coal mine accidents: Characteristics of safety culture deficiencies based on accident statistics	Menganalisa 67 kecelakaan besar (Ledakan gas, semburan gas, banjir, dan kebakaran )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketidaktahuan aturan keselamatan</li> <li>• Kurangnya edukasi keselamatan</li> </ul>

13	(Stemn, 2019)	Analysis of Injuries in the Ghanaian Mining Industry and Priority Areas for Research	Menganalisa 202 laporan cedera fatal dan tidak fatal dari 5 tambang Ghana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurangnya kompetensi</li> <li>• Perilaku keselamatan</li> </ul>
14	(Fa, Li, Liu, Qiu, & Zhai, 2021)	Correlation in Causality: A Progressive Study of Hierarchical Relations within Human and Organizational Factors in Coal Mine Accidents	Memilih 883 laporan kecelakaan tambang batu bara dari 2011 hingga 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurang nya training keselamatan</li> <li>• Pengawasan keselamatan yang tidak efektif</li> <li>• Kurangnya kesadaran keselamatan</li> <li>• Perilaku pelanggaran</li> </ul>
15	(Niu, Zhao, & Yang, 2023)	An Impacting Factors Analysis of Unsafe Acts in Coal Mine Gas Explosion Accidents Based on HFACS-ISM-BN	This study firstly collected 100 coal mine gas explosion cases in China, improved the framework of human factors analysis and classification system (HFACS) and used it to identify the causes of miners' unsafe acts in detail	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelanggaran</li> <li>• Pengawasan tidak memadai</li> </ul>
16	(Y. Zhang, Jing, Bai, Liu, & Feng, 2019)	A systems approach to extraordinarily major coal mine accidents in China from 1997 to 2011: an application of the HFACS approach	94 kecelakaan tambang batu bara besar di Cina dari tahun 1997 hingga 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelanggaran</li> <li>• Kurangnya pengawasan</li> </ul>

**Tabel 2. Faktor Manusia dalam Kecelakaan Tambang dari Tinjauan Pustaka**

No	Faktor Manusia dalam Kecelakaan Tambang	Total jurnal atau artikel
1	Kepatuhan terhadap prosedur dan aturan	7
2	Kompetensi	6
3	Pengawasan Kerja (Supervisi)	5
4	Kesadaran terhadap keselamatan (safety awareness)	4
5	Perilaku Keselamatan	3
6	Kebugaran dalam Bekerja	2
7	Pengalaman	1

## PEMBAHASAN

Berdasarkan 16 jurnal atau artikel diatas diketahui ada 7 faktor manusia dalam kecelakaan tambang.

### Kepatuhan terhadap prosedur dan aturan

Kepatuhan terhadap prosedur dan aturan adalah faktor manusia yang paling sering muncul dari hasil penelusuran jurnal atau artikel dalam penelitian ini. (Theophilus Joe-Asare, 2022) mengemukakan bahwa ketidakpatuhan terhadap prosedur kerja diakibatkan oleh lupa dengan langkah-langkah yang dituliskan dalam prosedur. Hal ini diakibatkan kurangnya orientasi kerja yang diberikan. Ketidakpatuhan terhadap prosedur juga diakibatkan oleh sikap berpuas diri sehingga abai dengan risiko yang ada dipekerjaan dan kemudian mengambil jalan pintas yang tidak sesuai dengan prosedur. (Kirin et al., 2021) menjelaskan bahwa ketidakpatuhan terhadap prosedur dan aturan diakibatkan oleh kepemimpinan yang lemah dalam menindaklanjuti ketidakpatuhan terhadap prosedur. Masih di jurnal yang sama, terdapat kecenderungan karyawan yang memiliki pengalaman kerja lama untuk melanggar

aturan kerja. Pandangan lainnya dari karyawan bahwa mereka melakukan pelanggaran prosedur karena prosedur tidak menggambarkan kondisi aktual dari pekerjaan.

(Niu et al., 2023) menjelaskan faktor-faktor yang menjadi penyebab karyawan melakukan pelanggaran prosedur dan aturan. Yang pertama kurangnya pengawasan keselamatan sehingga karyawan bekerja tanpa pengawasan yang memadai. Penyebab kedua adalah karena kurangnya edukasi dan training yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan untuk bekerja. Karyawan yang tidak kompeten akan menyebabkan ketidakmampuan dalam menilai risiko yang ada di pekerjaan mereka.

### **Kompetensi**

Kompetensi terdiri dari tiga komponen yaitu keahlian, pengetahuan dan sikap. (Fu et al., 2020) menjelaskan bahwa ketidakcukupan pengetahuan terhadap keselamatan dapat menyebabkan tindakan yang tidak aman dan menciptakan kondisi yang tidak aman. Kecelakaan yang terjadi di tambang Pingyu memperlihatkan kurangnya pengetahuan karyawan terkait bahaya dari ledakan batubara dan gas, kurangnya pengetahuan terkait aturan dan standar industry, kurangnya pengetahuan keselamatan dalam mengoperasikan peralatan dan kurangnya pengetahuan terkait tindakan darurat dalam kecelakaan. Legal.

### **Pengawasan Kerja (Supervisi)**

Fungsi kepengawasan dalam industry tambang adalah sebuah keharusan dan tidak boleh ditiadakan. Tambang adalah industri padat modal dan sekaligus padat karya yang memiliki risiko keselamatan yang tinggi. Dengan dinamika kegiatan yang tinggi, para pekerja tambang akan selalu berhadapan dengan risiko keselamatan yang dinamis. Kepmen ESDM 1827 K/30/MEM/2018 mengatur secara jelas kewajiban seorang pengawas operasional, salah satunya yaitu bertanggung jawab atas keselamatan, kesehatan dan kesejahteraan orang yang diawasi. (Qiu et al., 2021) menjelaskan dalam jurnalnya bahwa kekurangan jumlah pengawas dalam pekerjaan dan mekanisme kepengawasan yang tidak efektif menjadi kontribusi utama dalam terjadinya kecelakaan tambang.

### **Kesadaran terhadap keselamatan (safety awareness)**

(Niu & Zhao, 2022) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa kesadaran terhadap keselamatan dapat mencegah terjadinya kesalahan manusia dalam melakukan pekerjaan. (Fa et al., 2021) merumuskan bahwa ada 7 faktor yang menyebabkan rendahnya kesadaran pekerja tambang terhadap keselamatan, yaitu: kegagalan perusahaan dalam memberikan petunjuk, kegagalan dalam melakukan inspeksi dan memperbaiki risiko yang tersembunyi, kegagalan dalam melakukan intervensi terhadap perilaku yang tidak aman, pengaturan kerja yang tidak memuaskan, kegagalan dalam menegakkan aturan, memberikan otorisasi kepada karyawan tanpa sertifikat kompetensi, dan risk assessment yang tidak memadai.

### **Perilaku Keselamatan**

Kegagalan dalam menerapkan perilaku keselamatan adalah penyebab langsung dari sebuah kecelakaan tambang. (Fa et al., 2021) menjelaskan bahwa kegagalan dalam perilaku keselamatan diakibatkan oleh faktor kemampuan kerja yang tidak mumpuni, tidak tersedianya alat pelindung diri, kekurangan dalam permesinan dan rendahnya kesadaran terhadap keselamatan kerja.

### **Kebugaran dalam bekerja**

Kebugaran dalam bekerja merupakan isu utama dalam keselamatan pertambangan. Sebagian kecelakaan tambang terkait mengoperasikan kendaraan disebabkan oleh kondisi pengemudi yang tidak bugar. (Stemn & Benyarku, 2023) menjelaskan bahwa beberapa faktor

yang mengakibatkan terganggunya kebugaran pekerja tambang dalam bekerja adalah hutang tidur, masa istirahat yang tidak cukup, beban kerja yang tinggi, jam kerja yang panjang, lelah akibat aktivitas fisik, dan lingkungan sosial.

### **Pengalaman**

(Chen et al., 2019) menjelaskan dalam jurnalnya bahwa kurangnya pengalaman seorang karyawan adalah faktor yang paling penting dalam memengaruhi perilaku yang tidak aman dan dapat berakibat kecelakaan tambang. Kurangnya karyawan yang berpengalaman terutama disebabkan oleh angka *turnover* karyawan yang tinggi. Oleh karena perusahaan tambang perlu untuk membuat program-program menjadikan karyawan bertahan di perusahaan dalam waktu yang lama.

### **KESIMPULAN**

Ketidakpatuhan karyawan tambang terhadap prosedur dan aturan, karyawan tambang yang tidak memiliki kompetensi, kurangnya jumlah pengawas kerja dan kepengawasan kerja tidak efektif, serta rendahnya kesadaran terhadap keselamatan kerja adalah faktor-faktor utama yang berkontribusi dalam kecelakaan tambang. Faktor-faktor lainnya adalah perilaku keselamatan yang tidak sesuai, ketidakebugaran dalam bekerja dan karyawan yang tidak memiliki pengalaman. Berdasarkan temuan faktor-faktor manusia tersebut perusahaan tambang dapat membuat program keselamatan yang relevan agar kecelakaan tambang dapat dihindari.

### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Terimakasih kepada dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan dukungan selama proses publikasi.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Chen, Z., Qiao, G., & Zeng, J. (2019). Study on the Relationship between Worker States and Unsafe Behaviours in Coal Mine Accidents Based on a Bayesian Networks Model. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 11(18), 5021. doi:10.3390/su11185021
- Fa, Z., Li, X., Liu, Q., Qiu, Z., & Zhai, Z. (2021). Correlation in Causality: A Progressive Study of Hierarchical Relations within Human and Organizational Factors in Coal Mine Accidents. *International journal of environmental research and public health*, 18(9), 5020. doi:10.3390/ijerph18095020
- Fu, G., Xie, X., Jia, Q., Tong, W., & Ge, Y. (2020). Accidents analysis and prevention of coal and gas outburst: Understanding human errors in accidents. *Process safety and environmental protection*, 134, 1-23. doi:10.1016/j.psep.2019.11.026
- Hale, A. R., & Hovden, J. (1998). Management and culture: the third age of safety. A review of approaches to organizational aspects of safety, health and environment. *Occupational Injury*, 145-182.
- Harms-Ringdahl, L. (2013). *Guide to safety analysis for accident prevention*: Citeseer.
- Kirin, S., Sedmak, A., Li, W., Brzaković, M., Miljanović, I., Petrović, A., & Sedmak, S. (2021). Human factor risk management procedures applied in the case of open pit mine. *Engineering failure analysis*, 126, 105456. doi:10.1016/j.engfailanal.2021.105456
- Kumar, P., Gupta, S., & Gunda, Y. R. (2020). Estimation of human error rate in underground coal mines through retrospective analysis of mining accident reports and some error reduction strategies. *Safety Science*, 123, 104555. doi:10.1016/j.ssci.2019.104555

- Niu, L., Zhao, J., & Yang, J. (2023). An Impacting Factors Analysis of Unsafe Acts in Coal Mine Gas Explosion Accidents Based on HFACS-ISM-BN. *Processes*, *11*(4), 1055. doi:10.3390/pr11041055
- Niu, L., & Zhao, R. (2022). The Effect of Safety Attitudes on Coal Miners' Human Errors: A Moderated Mediation Model. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, *14*(16), 9917. doi:10.3390/su14169917
- Qiu, Z., Liu, Q., Li, X., Zhang, J., & Zhang, Y. (2021). Construction and analysis of a coal mine accident causation network based on text mining. *Process safety and environmental protection*, *153*, 320-328. doi:10.1016/j.psep.2021.07.032
- Rasmussen, J. (1982). Human errors. A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents*, *4*(2), 311-333. doi:https://doi.org/10.1016/0376-6349(82)90041-4
- Stemn, E. (2019). Analysis of Injuries in the Ghanaian Mining Industry and Priority Areas for Research. *Safety and health at work*, *10*(2), 151-165. doi:10.1016/j.shaw.2018.09.001
- Stemn, E., & Benyarku, C. A. (2023). Mineworkers' perspective of fatigue: A study of the Ghanaian mining industry. *Safety Science*, *162*, 106095. doi:10.1016/j.ssci.2023.106095
- Theophilus Joe-Asare, E. S., Newton Amegbey (2022). Causal and contributing factors of accidents in the Ghanaian mining industry. *Science Direct*, *159*, 3.
- Tong, R., Yang, Y., Ma, X., Zhang, Y., Li, S., & Yang, H. (2019). Risk Assessment of Miners' Unsafe Behaviors: A Case Study of Gas Explosion Accidents in Coal Mine, China. *International journal of environmental research and public health*, *16*(10), 1765. doi:10.3390/ijerph16101765
- Tong, R., Zhai, C., Jia, Q., Wu, C., Liu, Y., & Xue, S. (2018). An Interactive Model among Potential Human Risk Factors: 331 Cases of Coal Mine Roof Accidents in China. *IJERPH*, *15*.
- Yuxin, W., Gui, F., Qian, L., Xiao, L., Yiran, C., Yali, W., & Xuecai, X. (2023). Modelling and analysis of unsafe acts in coal mine gas explosion accidents based on network theory. *Process safety and environmental protection*, *170*, 28-44. doi:10.1016/j.psep.2022.11.086
- Zhang, J., Fu, J., Hao, H., Fu, G., Nie, F., & Zhang, W. (2020). Root causes of coal mine accidents: Characteristics of safety culture deficiencies based on accident statistics. *Process safety and environmental protection*, *136*, 78-91. doi:10.1016/j.psep.2020.01.024
- Zhang, Y., Jing, L., Bai, Q., Liu, T., & Feng, Y. (2019). A systems approach to extraordinarily major coal mine accidents in China from 1997 to 2011: an application of the HFACS approach. *International journal of occupational safety and ergonomics*, *25*(2), 181-193. doi:10.1080/10803548.2017.1415404