

## Optimasi Manajemen Risiko dalam Pengolahan Mineral: Evaluasi Probabilitas Human Error dengan Metode SHERPA dan HEART di PT. Bumi Mineral Sulawesi

<sup>1</sup> Muhammad Alfarabi \*, Takdir Alisyahbana <sup>2</sup>, A. Dwi Wahyuni <sup>3</sup>, Asrul Fole <sup>4</sup>, Nur Ihwan Safutra<sup>5</sup>

<sup>1234</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Muslim Indonesia, Indonesia

Email: [Alfarabipradana78@gmail.com](mailto:Alfarabipradana78@gmail.com)<sup>1</sup>, [takdir.alisyahbana@umi.ac.id](mailto:takdir.alisyahbana@umi.ac.id)<sup>2</sup>, [dwi.wahyuni@umi.ac.id](mailto:dwi.wahyuni@umi.ac.id)<sup>3</sup>, [asrulfole@umi.ac.id](mailto:asrulfole@umi.ac.id)<sup>4</sup>, [nur.ihwan@umi.ac.id](mailto:nur.ihwan@umi.ac.id)<sup>5</sup>

### Abstract

PT. Bumi Mineral Sulawesi emphasizes employee safety despite frequent incidents in the conveyor area. This study aims to enhance efficiency, safety, and operational quality by understanding human error factors and implementing preventive measures. The SHERPA and HEART methods are utilized to predict errors. The research findings using the SHERPA method indicate that Checking Error is the most common type of error, with error codes C5 and C2 being the most prevalent. Crucial recommendations include regular inspections and periodic training, especially for each operator, to reduce errors in operational processes. The use of the HEART method reveals that the operator in the control room has the highest score of 0.256, indicating a lack of attention in following inaccurate instructions, potentially halting operational processes and disrupting production and concentration. For the coal conveyor operator activity with a score of 0.544, negligence in performing tasks could have fatal consequences for the conveyor machine system, and for the belt conveyor operator activity with a score of 0.224, posing a significant risk of explosions leading to accidents and incidents. Recommendations encompass comprehensive training, regular supervision, safety culture, and information sharing to mitigate human error risks. Continuous monitoring is essential to uphold efficiency and safety standards in the conveyor area.

### Abstrak

PT Bumi Mineral Sulawesi tekankan keselamatan karyawan meskipun insiden sering terjadi di area conveyor. Penelitian ini bertujuan meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kualitas operasional dengan memahami faktor *human error* dan menerapkan tindakan preventif. Metode SHERPA dan HEART digunakan untuk meramalkan kesalahan. Hasil penelitian pada penerapan metode SHERPA, menunjukkan bahwa jenis error yang sering terjadi adalah Checking Error dengan kode error paling banyak adalah C5 dan C2. Rekomendasi penting yang dihasilkan adalah perlunya pemeriksaan secara rutin dan pelatihan berkala terutama untuk setiap operator guna mereduksi error dalam proses pengoperasian. Penggunaan Metode HEART, menunjukkan bahwa operator control room memiliki nilai tertinggi sebesar 0,256, menandakan kurangnya perhatian dalam mengikuti petunjuk yang tidak tepat, yang berpotensi menghentikan proses operasional dan mengganggu produksi serta konsentrasi. Untuk aktivitas operator coal conveyor dengan nilai 0,544 yaitu pekerja lalaikan dalam menjalankan tugasnya sehingga dapat berakibat fatal terhadap system mesin conveyor, dan Untuk aktivitas operator belt conveyor dengan nilai 0,224 yang berarti dapat beresiko besar yaitu bisa membuat meledak sampai pada kecelakaan dan insiden. Rekomendasi termasuk pelatihan komprehensif, pengawasan rutin, budaya keselamatan, dan berbagi informasi untuk mengurangi risiko kesalahan manusia. Pemantauan terus menerus diperlukan untuk menjaga efisiensi dan standar keselamatan di area *conveyor*.

### Article History

*Submitted: 7 September 2024*

*Accepted: 10 September 2024*

*Published: 17 September 2024*

### Key Words

Safety, Human Error, SHERPA, HEART, Continuous Monitoring.

### Sejarah Artikel

*Submitted: 7 September 2024*

*Accepted: 10 September 2024*

*Published: 17 September 2024*

### Kata Kunci

Keselamatan, Human Error, SHERPA, HEART, Pemantauan Berkelanjutan.

## Pendahuluan

Industri pengolahan mineral merupakan sektor penting dalam industri pertambangan yang memainkan peran krusial dalam ekonomi global. Proses pengolahan mineral melibatkan serangkaian aktivitas kompleks yang memerlukan perhatian khusus terhadap aspek keselamatan dan manajemen risiko. Dalam konteks ini, kesalahan manusia telah dikenal sebagai salah satu penyebab utama insiden dan kecelakaan di lingkungan industri, termasuk dalam pengolahan mineral (Nwaila et al., 2022).

Kesalahan manusia dalam industri pengolahan mineral dapat terjadi akibat berbagai faktor, seperti kurangnya pemahaman terhadap prosedur operasional standar, kelelahan, atau ketidaktelitian dalam menjalankan tugas (Howe et al., 2023). Hal ini menimbulkan risiko serius bagi keselamatan karyawan, operasional yang efisien, dan keberlanjutan perusahaan (Fole, 2023).

Dalam upaya untuk mengatasi tantangan ini, evaluasi probabilitas kesalahan manusia menjadi krusial. Dengan memahami faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya kesalahan manusia, perusahaan dapat mengidentifikasi area-area yang rentan dan mengambil langkah-langkah preventif yang tepat untuk mengurangi risiko (Maulidya et al., 2023).

PT Bumi Mineral Sulawesi, dikenal sebagai PT BMS, berlokasi di Kecamatan Bua, Kabupaten Luwu, fokus pada proyek pengelolaan mineral. Perusahaan ini aktif dalam menerapkan program Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) serta melakukan pemeriksaan karyawan selama operasional. Selain K3, pengawasan kerja juga diutamakan untuk mengurangi kecelakaan. Dengan fokus pada keselamatan dan kesehatan kerja, diharapkan risiko kecelakaan dapat diminimalkan.

Survei 2023 mengungkap beberapa kecelakaan di PT Bumi Mineral Sulawesi. Kecelakaan meliputi luka ringan seperti tertusuk paku dan tertindis besi, serta kecelakaan serius seperti jatuh dari alat berat hingga menyebabkan luka parah. Seorang karyawan bahkan harus mengganti mata aslinya dengan mata palsu setelah terkena percikan Crane. Kejadian ini disebabkan karena officer keselamatan tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) dan kurang hati-hati dalam bekerja (Fole & Mujaddid, 2023; Safutra et al., 2024).

Dalam konteks ini, penting bagi PT Bumi Mineral Sulawesi untuk meningkatkan kesadaran akan keselamatan dan kesehatan kerja, serta menguatkan pengawasan kerja. Dengan langkah-langkah proaktif ini, diharapkan tingkat kecelakaan dapat dikurangi, menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat bagi seluruh karyawan perusahaan.

Pada penelitian sebelumnya yang melibatkan evaluasi probabilitas kesalahan manusia dalam proses produksi (Zetli, 2021), metode SHERPA (SHERPA - *Simplified Human Error Reduction and Prediction Approach*) dan HEART (*Human Error Assessment and Reduction Technique*) telah terbukti menjadi alat yang efektif dalam mengidentifikasi dan mengurangi risiko kesalahan manusia (Rammadaniya & Mahbubah, 2022).

Dalam konteks penelitian sebelumnya, metode SHERPA digunakan untuk menganalisis tugas-tugas spesifik yang dilakukan dalam proses produksi (Cahyani et al., 2022). Melalui pendekatan ini, peneliti dapat mengidentifikasi potensi kesalahan manusia yang mungkin terjadi selama aktivitas operasional (Sujan et al., 2024). Dengan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kesalahan, penelitian tersebut dapat menghasilkan rekomendasi yang

berharga untuk meningkatkan desain tugas, prosedur operasional, serta pelatihan karyawan guna mengurangi risiko kesalahan (Utama et al., 2020).

Di sisi lain, metode HEART memberikan kerangka kerja yang terstruktur untuk mengevaluasi probabilitas kesalahan manusia dengan lebih mendalam (Ghousi et al., 2023; Klages & Zaeh, 2023). Dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti keparahan kesalahan, kemungkinan terjadinya, dan peluang deteksi sebelum terjadi konsekuensi yang berbahaya, penelitian sebelumnya dapat mengevaluasi risiko kesalahan manusia secara komprehensif (Susilo & Purnomo, 2020).

Dengan menggabungkan kedua metode ini, penelitian sebelumnya mampu memberikan wawasan yang mendalam tentang karakteristik kesalahan manusia dalam konteks proses produksi (Koseoglu et al., 2023). Hasil dari penelitian tersebut dapat memberikan kontribusi berharga dalam pengembangan strategi manajemen risiko yang lebih efektif, peningkatan keselamatan operasional, serta optimalisasi kinerja keseluruhan perusahaan dalam menghadapi tantangan kesalahan manusia. Dengan demikian, penelitian sebelumnya yang menggunakan metode SHERPA dan HEART dalam evaluasi probabilitas kesalahan manusia telah membuka jalan bagi pemahaman yang lebih baik tentang potensi risiko serta solusi preventif yang dapat diterapkan dalam industri manufaktur (Torres et al., 2021).

Penelitian sebelumnya menekankan pentingnya manajemen risiko dalam industri manufaktur. Namun, evaluasi kesalahan manusia dalam industri pengolahan mineral masih kurang tersosialisasi. Fokus pada penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi operasional, keselamatan karyawan, serta manajemen risiko secara keseluruhan. Melalui penerapan metode SHERPA dan HEART dalam PT. Bumi Mineral Sulawesi, penelitian ini akan mengidentifikasi kesalahan spesifik seperti petunjuk yang ambigu kepada operator, kelalaian di area conveyor batubara, dan masalah penanganan informasi di area conveyor belt. Hasilnya diharapkan memberikan wawasan berharga bagi perusahaan untuk memahami dan mencegah kesalahan manusia secara efektif.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi manajemen risiko dalam industri pengolahan mineral dengan mengevaluasi probabilitas kesalahan manusia menggunakan metode SHERPA dan HEART di PT. Bumi Mineral Sulawesi. Fokusnya adalah meningkatkan efisiensi operasional, keselamatan karyawan, dan manajemen risiko secara menyeluruh dengan mengidentifikasi kesalahan spesifik yang terjadi dalam proses pengolahan mineral perusahaan. Melalui analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang memicu kesalahan manusia, seperti petunjuk yang tidak jelas, kelalaian di area conveyor batubara, dan kesalahan dalam penanganan informasi, penelitian ini diharapkan memberikan wawasan berharga bagi PT. Bumi Mineral Sulawesi untuk menerapkan tindakan pencegahan yang efektif guna mengurangi risiko kesalahan manusia dan meningkatkan kinerja operasional keseluruhan.

## Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif dalam penyelesaian masalah karena melibatkan pengukuran dan analisis data numerik untuk mengevaluasi probabilitas kesalahan manusia dengan pendekatan yang sistematis dan terukur. Penelitian ini dilakukan pada PT. Bumi Mineral Sulawesi di Bukit Harapan, Kec. Bua,

Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan, dengan waktu penelitian yaitu 1 bulan. Data yang digunakan dibedakan dalam sumber sekunder berupa kegiatan pengoperasian conveyor, laporan aktifitas yang mendukung penelitian, artikel dan penelitain sebelumnya, sumber primer berupa observasi langsung, wawancara dan pengukuran langsung dilapangan.

Analisis data menggunakan metode SHERPA dan HEART dapat dilakukan berdasarkan langkah – lankah berikut ini:

1. Penggunaan metode SHERPA

- Langkah I : *Hierarchical Task Analysis* (HTA)
- Langkah II : *Human Error Identification* (HEI)
- Langkah III : Konsekuensi Analisis
- Langkah IV : Analisis Ordinal Probabilitas
- Langkah V : Analisis Strategi

2. Penggunaan metode HEART

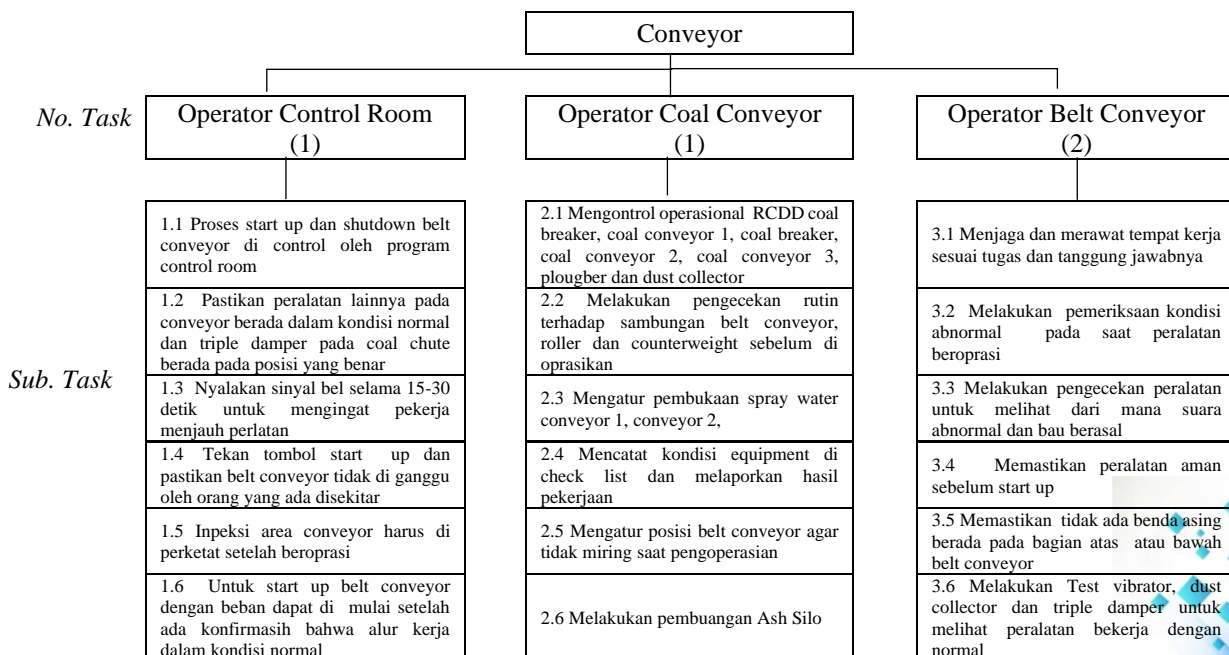
- Mengkategorikan item pekerjaan
- Menentukan EPC dari tiap aktivitas
- Menentukan *proporsi* efek atau *Assessed Proportion Of Effect* (APOEA) dan menghitung
- Menghitung *Assessed Effect* (AE)
 
$$AE, = (Max\ Effect - 1) \times APOEA + 1 \tag{1}$$
- Menghitung nilai *human Error Probability* (HEP)
 
$$HEP = Assessed\ Effect \times Normal\ Human\ Reliability \tag{2}$$

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Penentuan Metode SHERPA

1. *Hierarchical Task Analysis* (HTA)

Hasil penentuan HTA yang diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak pimpinan dan operator, maka diperoleh gambar HTA sebagai berikut:



2.7 Melakukan pembersihan rutin area kerja yang menjadi tanggung jawabnya

Gambar 1. Hasil Penentuan HTA

Pada gambar 1 diatas, dapat dilihat bahwa hasil penentuan HTA pada aktivitas conveyor, maka diperoleh 3 aktivitas operator terhadap conveyor yaitu opertor control room dengan 6 aktivitas yang dilakukan 1 orang, operator coal conveyor dengan 7 aktivitas yang dilakukan 1 orang dan operator belt conveyor dengan 6 aktivitas yang dilakukan 2 orang.

## 2. Human Error Identification (HEI)

Hasil penentuan HEI yang diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak pimpinan dan operator, maka diperoleh tabel hasil penentuan HEI sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Penentuan HEI

Kode Sub. Task	Type Error	Code	Keterangan
Aktivitas Operator Control Room			
1.1	Action Error	A3	Pekerjaan dilaksanakan dengan petunjuk yang kurang tepat
1.2	Checking Error	C2	Pemeriksaan tidak lengkap
1.3	Retrieval Error	I3	Informasi yang didapatkan tidak lengkap
1.4	Retrieval Error	R2	Infomasi yang tidak didapatkan
1.5	Checking Error	C5	Pemeriksaan tidak sesuai dengan waktu
1.6	Retrieval Error	I1	Informasi tidak disampaikan
Aktivitas Operator Coal Conveyor			
2.1	Action Error	A8	Pekerjaan yang dilakukan terlalaikan
2.2	Checking Error	C5	Pemeriksaan yang dilakukan tidak tepat waktu
2.3	Action Error	A3	Pekerjaan yang dilakukan dengan petunjuk yang salah
2.4	Communication Error	I2	Hasil laporan yang dilakukan tidak disampaikan
2.5	Action Error	A3	Pekerjaan yang dilakukan dengan petunjuk yang salah
2.6	Action Error	A2	Pekerjaan tidak terlaksana sesuai dengan jadwal
2.7	Action Error	A8	Pekerjaan yang dilakukan terlalaikan
Aktivitas Operator Belt Conveyor			
3.1	Action Error	A5	Pekerjaan yang dilakukan tidak sejalan
3.2	Checking Error	C2	Pemeriksaan yang dilakukan tidak lengkap
3.3	Checking Error	C2	Pemeriksaan yang dilakukan tidak lengkap
3.4	Action Error	A2	Pekerjaan yang dilakukan tidak terlaksana sesuai dengan jadwal
3.5	Checking Error	C5	Pemeriksaan yang dilakukan tidak tepat waktu
3.6	Checking Error	C5	Pemeriksaan yang dilakukan tidak tepat waktu

Pada tabel 1 diatas, dapat dilihat bahwa hasil penentuan HEI dengan melibatkan 19 aktivitas, maka diperoleh 8 aktivitas dengan Action Error (A3,A8,A3,A3,A2,A8,A5,A2), 7 aktivitas dengan Checking Error (C2,C5,C5,C2,C2,C5,C5), 3 aktivitas dengan Retrieval Error (I3,R2,I1), dan 1 aktivitas dengan Communication Error (I2). Hal ini menunjukkan setiap aktivitas masih terdapat kegiatan yang mengakibatkan terjadinya Human Error.

### 3. Analisis Konsekuensi

Analisis Konsekuensi dilakukan karena bertujuan untuk mengetahui akibat dari *Human Error* yang terjadi pada operator dalam 19 aktivitas. Berikut adalah tabel hasil analisis konsekuensi.

**Tabel 2.** Hasil Analisis Konsekuensi

<i>Kode Sub Task</i>	<i>Kode Mode Error</i>	Konsekuensi
Aktivitas Operator Control Room		
1.1	A3	Salah dalam mengambil Tindakan
1.2	C2	Terjadi kerusakan pada sabuk conveyor
1.3	13	Dapat mengakibatkan kecelakaan kerja dan cedera yang fatal
1.4	R2	Proses pemindahan material akan terhambat
1.5	C5	Dapat mengakibatkan mesin tidak stabil bahkan macet
1.6	11	Tidak mengetahui Tindakan apa yang harus dilakukan
Aktivitas Operator Coal Conveyor		
2.1	A8	Akan terjadi kendala dalam produksi
2.2	C5	Dapat menghambat proses produksi
2.3	A3	Akan terjadi kendala dalam produksi
2.4	12	Menyulitkan operator dalam proses pengoperasian
2.5	A1	Dapat menghambat proses produksi
2.6	A3	Akan terjadi kendala dalam produksi
2.7	A8	Akan terjadi kendala dalam produksi
Aktivitas Operator Belt Conveyor		
3.1	A5	Tidak mengetahui Tindakan apa yang harus dilakukan
3.2	C2	Terjadi kerusakan pada sabuk conveyor
3.3	C2	Menyulitkan operator dalam proses pengoperasiannya
3.4	A2	Material produk akan tumpah
3.5	C5	Dapat mengakibatkan kecelakaan dan cidera saat bekerja
3.6	C5	Proses produksi akan terhambat

Pada tabel 2 diatas, dapat dilihat bahwa hasil penentuan analisis setiap aktivitas operator diberikan konsekuensi berdasarkan pada setiap aktivitas seperti aktivitas 1.1 (Proses *start up* dan *shutdown belt conveyor* di control oleh program control room) dengan tipe error yaitu *action error* (A3) maka konsekuensinya adalah salah mengambil tindakan dan seterusnya.

### 4. Analisis Ordinal Probabilitas

Pada penentuan hasil analisis ordinal probabilitas, dilakukan untuk mengklasifikasikan *human error* yang terjadi pada masing-masing aktivitas pada tiap operator. Probabilitas yang kemungkinan error sangat besar adalah *High*. Sedangkan probabilitas yang memiliki kemungkinan error sangat rendah adalah *Low* dan hasilnya dapat dilihat berikut ini.

**Tabel 3.** Hasil Analisis Ordinal Probabilitas

<i>Sub. Task</i>	<i>Mode Error</i>	<i>Probabilitas</i>
Aktivitas Operator Control Room		
1.1	A3	<i>Low</i>

<i>Sub. Task</i>	<i>Mode Error</i>	<i>Probabilitas</i>
1.2	C2	High
1.3	I3	High
1.4	R2	High
1.5	C5	High
1.6	I1	Low
Aktivitas Operator Coal Conveyor		
2.1	A8	High
2.2	C5	Low
2.3	A3	Low
2.4	I2	Low
2.5	A1	High
2.6	A3	Low
2.7	A8	High
Aktivitas Operator Belt Conveyor		
3.1	A5	Low
3.2	C2	High
3.3	C2	High
3.4	A2	Low
3.5	C5	Low
3.6	C5	Low

Pada tabel 3 diatas, dapat dilihat bahawa hasil analisis ordinal probabiliti untuk 19 aktivitas yang dilakukan oleh 3 operator. Pada operator control room, diperoleh 4 aktivitas dengan probabiliti *High* dan 2 aktivitas dengan probabiliti *Low*, operator coal conveyor, diperoleh 3 aktivitas dengan probabiliti *High* dan 4 aktivitas dengan probabiliti *Low*, dan operator conveyor driver, diperoleh 2 aktivitas dengan probabiliti *High* dan 4 aktivitas dengan probabiliti *Low*. Maka keseluruhan hasil probabilitas yang paling dominan adalah hasil probabilitas *Low*.

## 5. Analisis Strategi

Pada hasil analisis strategi, dilakukan untuk memberikan solusi pada setiap aktivitas yang dilakukan operator yang mengakibatkan terjadinya *human error*. Berikut merupakan solusi yang diberikan masing-masing aktivitas berdasarkan hasil diskusi pada pihak perusahaan dan penelitian terdahulu.

**Tabel 4.** Hasil Penentuan Strategi Penyelesain Masalah *Human Error*

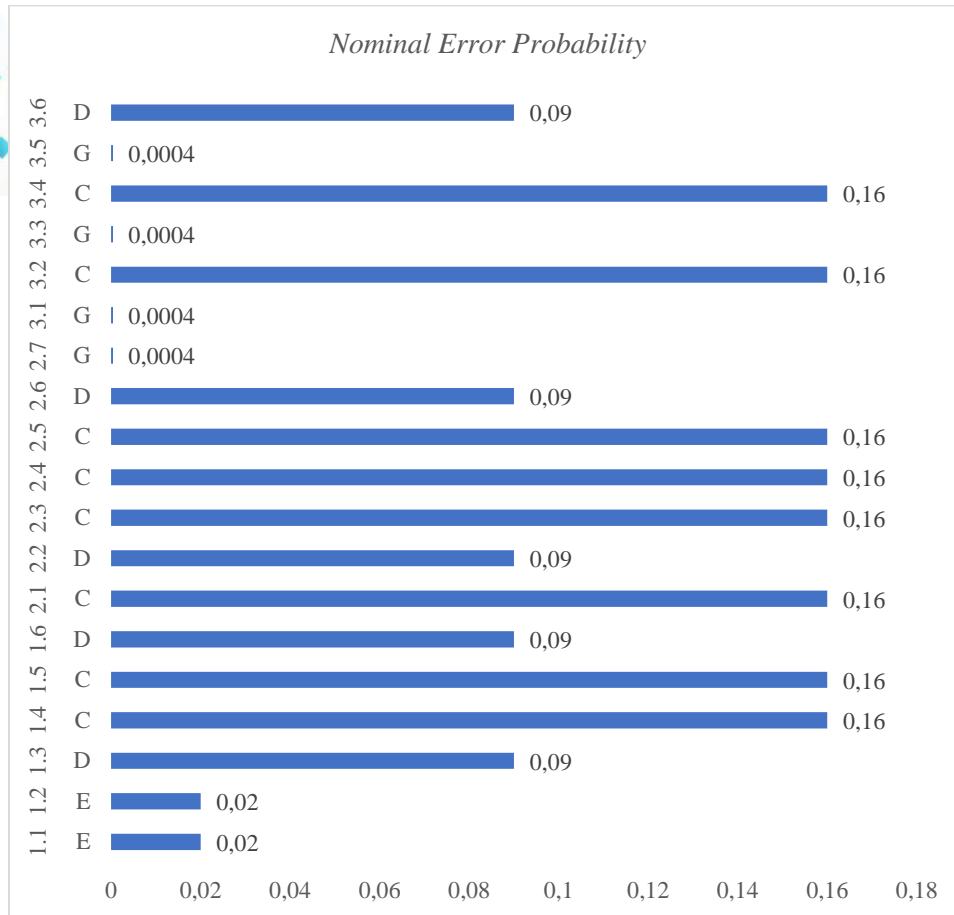
Kode Sub. Task	Strategi
Aktivitas Operator Control Room	
1.1	Memberikan pelatihan
1.2	Mengurangi kecepatan pada putaran mesin
1.3	Melakukan pemeriksaan APD sebelum bekerja dan memberikan edukasi
1.4	Memberikan pemahaman tentang perlunya melaporkan kendala pada mesin sesegerah mungkin
1.5	Melakukan konfirmasi ulang sebelum melaksanakan instruksi
1.6	Lebih focus dan memperhatikan tugas yang di berikan
Aktivitas Operator Coal Conveyor	
2.1	Lebih focus dalam melaksanakan tugas

Kode Sub. Task	Strategi
2.2	Melakukan pemeriksaan secara rutin
2.3	Teliti dalam menjalankan pekerjaan yang sesuai
2.4	Memberikan pemahaman tentang pentingnya melaaporkan kendala pada mesin sesegera mungkin
2.5	Memberikan pelatihan
2.6	Melakukan pembuangan sesuai dengan jadwal
2.7	Melakukan pembersihan secara rutin
Aktivitas Operator Belt Conveyor	
3.1	Memperhatikan keadaan disekitar area kerja
3.2	Memeriksa Kembali kondisi abnormal sesuai permintaan
3.3	Memastikan alat yang ingin digunakan sudah siap
3.4	Memastikan peralatan selalu aman
3.5	Melakukan konfirmasi ulang sebelum melaksanakan instruksi
3.6	Melakukan pemeriksaan secara rutin

Pada tabel 4 diatas, dapat dilihat bahwa hasil penentuan strategi penyelesaian masalah pada *human error*, diperoleh berdasarkan hasil diskusi dan studi literatur, diperoleh starategi yaitu pada aktivitas operator control room yaitu (memberikan pelatihan, mengurangi kecepatan pada putaran mesin, melakukan pemeriksaan APD sebelum bekerja dan memberikan edukasi, memberikan pemahaman tentang perlunya melaporkan kendala pada mesin sesegerah mungkin, melakukan konfirmasi ulang sebelum melaksanakan instruksi, lebih focus dan memperhatikan tugas yang di berikan), aktivitas operator control conveyor yaitu (lebih focus dalam melaksanakan tugas, melakukan pemeriksaan secara rutin, teliti dalam menjalankan pekerjaan yang sesuai, memberikan pemahaman tentang pentingnya melaaporkan kendala pada mesin sesegera mungkin, memberikan pelatihan, melakukan pembuangan sesuai dengan jadwal, melakukan pembersihan secara rutin), dan aktivitas operator belt conveyor yaitu (memperhatikan keadaan disekitar area kerja, memeriksa kembali kondisi abnormal sesuai permintaan, memastikan alat yang ingin digunakan sudah siap, memastikan peralatan selalu aman, melakukan konfirmasi ulang sebelum melaksanakan instruksi, melakukan pemeriksaan secara rutin).

**Hasil Penentuan Metode HEART**

1. Mengkategorikan item pekerjaan ke dalam kategori di tabel *Generic Task Type* (GTT)  
 Pada tahap mengkategorikan item pekerjaan dalam tabel GTT, diperoleh masing-masing aktivitas pada setia operator yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. Hasil Pengkategorian Pada Aktivitas Operator Terhadap Kegiatan Conveyor

Pada gambar 2 diatas, dapat dilihat bahwa hasil pengkategorian pada setiap aktivitas untuk tiga operator conveyor, Kode E : Pekerjaan yang rutin, terlatih, memerlukan keterampilan yang rendah dengan nominal human error probability 0,02, Kode C : Pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan tingkat pemahaman dan keterampilan yang tinggi dengan nominal error probability 0,16, Kode D : Pekerjaan yang cukup sederhana, dilakukan dengan cepat atau membutuhkan sedikit perhatian memiliki human error probability 0,09, dan Kode G : Pekerjaan familiar yang sudah dikenal, dirancang dengan baik. Merupakan tugas rutin yang terjadi beberapa kali per jam, dilakukan berdasarkan standar yang sangat tinggi oleh personil yang telah terlatih dan berpengalaman dengan waktu untuk memperbaiki 0.0004.

## 2. Menentukan Nilai Assesed Proportion Of Effect (APOE) dan Assesed Effect ( AE)

Tabel 5. Hasil Penentuan APOE dan AE

Kode Sub. Task	No urut (Tabel EPCs)	Max effect	APOE	AE = ((Max.Effect-1) x APOE)+1
Aktivitas Operator Control Room				
1.1	21	2	0,8	1,8
1.2	11	5	0,2	1,8
1.3	16	3	0,4	1,8

<i>Kode Sub. Task</i>	<i>No urut (Tabel EPCs)</i>	<i>Max effect</i>	<i>APOE</i>	$AE = ((Max.Effect-1) \times APOE)+1$
1.4	16	3	0,3	1,6
1.5	11	5	0,5	3
1.6	16	3	0,5	2
Aktivitas Operator Coal Conveyor				
2.1	11	5	0,6	3,4
2.2	11	5	0,7	3,8
2.3	26	1,4	0,5	1,2
2.4	16	3	0,2	1,4
2.5	26	1,4	0,7	1,28
2.6	31	1,2	0,5	1,1
2.7	31	1,2	0,8	1,16
Aktivitas Operator Belt Conveyor				
3.1	31	1,2	0,5	1,1
3.2	20	2	0,3	1,3
3.3	20	2	0,2	1,2
3.4	20	2	0,4	1,4
3.5	31	1,2	0,7	1,14
3.6	11	5	0,2	1,8

Pada tabel 5 di atas, dapat diketahui bahwa hasil penentuan APOE dan AE, dengan melakukan pengurutan pada nomor urut nilai *Error Producing Condition* (EPC) dilihat berdasarkan faktor-faktor yang menjadi penentu pemicu terjadinya beberapa kesalahan-an/*error* terjadi pada setiap aktivitas. Nilai EPC pada nomor 11 dengan nilai 5 yang berarti kesalahan tersebut dipengaruhi oleh ambiguitas dari standar performansi, jadi standar yang ditetapkan pada Perusahaan tidak dimengerti dengan pasti oleh pekerja sehingga masalah tersebut menjadi sumber kesalahan yaitu tidak jelas standar operasional prosedur (SOP) yang berlaku. Kemudian nilai EPC nomor 16 yang berarti dengan nilai 3, ini berarti prosedur yang ada tidak memberikan informasi yang lengkap. Kemudian nilai EPC nomor 31 dengan nilai 1,2 yang berarti Tingkat kedisiplinan rendah terhadap operator. Pada nomor EPC 26 dengan nomor 1,4 yang berarti dalam melakukan aktivitas tidak ada acara yang jelas pada langkah tertentu. Kemudian pada nomor EPC 20 dengan nilai 2 yang berarti ketidaksesuaian antara level edukasi yang telah dimiliki oleh individu dan kebutuhan kerja. Kemudian nilai EPC 21 dengan nilai 2 yang berarti adanya dorongan untuk menggunakan prosedur lain yang tidak disarankan oleh Perusahaan. Kemudian pada hasil penentuan APOE dan AE, nilai dihasilkan akan memberikan gambaran besarnya kemungkinan terjadi sebuah kesalahan yang dilakukan operator terhadap setiap aktivitas.

### 3. Menentukan nilai *Human Error Probability* (HEP)

Pada penentuan nilai HEP, dilakukan setelah menentukan nilai *Nominal Error Probability* dan *Assesed Proportion Of Effect* (APOE). Sehingga diperoleh hasil perhitungan HEP sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Penentuan HEP

No Task	Nominal Error Probability	Assesed Proportion Of Effect (APOE)	Human Error Probability (HEP)
Aktivitas Operator Control Room			
1.1	0,02	1,8	0,036
1.2	0,02	1,8	0,036
1.3	0,09	1,8	0,162
1.4	0,16	1,6	0,256
1.5	0,16	3	0,48
1.6	0,09	2	0,18
Aktivitas Operator Coal Conveyor			
2.1	0,16	3,4	0,544
2.2	0,09	3,8	0,342
2.3	0,16	1,2	0,192
2.4	0,16	1,4	0,224
2.5	0,16	1,28	0,2048
2.6	0,09	1,1	0,099
2.7	0,0004	1,16	0,00046
Aktivitas Operator Belt Conveyor			
3.1	0,0004	1,1	0,00044
3.2	0,16	1,3	0,208
3.3	0,0004	1,2	0,00048
3.4	0,16	1,4	0,224
3.5	0,0004	1,14	0,00046
3.6	0,09	1,8	0,162

Pada tabel 6 diatas, dapat dilihat bahwa hasil penentuan HEP, diperoleh seberapa besar peluang yang akan terjadi terhadap kegagalan ketika pekerja melakukan pekerjaannya. Pada aktivitas Operator Control Room, diperoleh nilai tertinggi pada aktivitas 1.4 dengan nilai 0,256 yaitu pekerja tidak memperhatikan dan melaksanakan dengan petunjuk yang kurang tepat sehingga akan mengakibatkan arus terhentinya proses operasional, sehingga proses produksi menjadi terganggu. Pada aktivitas Operator Coal Conveyor, diperoleh nilai tertinggi pada aktivitas 2,1 dengan nilai 0,544 yaitu pekerja lalaikan dalam menjalankan tugasnya sehingga dapat berakibat fatal terhadap system mesin conveyor. Pada Aktivitas Operator Belt Conveyor, diperoleh nilai tertinggi pada aktivitas 3.4 dengan nilai yang berarti dapat beresiko besar yaitu bisa membuat meledak sampai pada kecelakaan dan inseden.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, dengan melakukan optimasi manajemen risiko dalam industri pengolahan mineral dengan mengevaluasi probabilitas kesalahan manusia menggunakan metode SHERPA dan HEART di PT. Bumi Mineral Sulawesi, temuan menunjukkan bahwa analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang memicu kesalahan manusia, seperti petunjuk yang tidak jelas, kelalaian di area conveyor batubara, dan kesalahan dalam penanganan informasi, memberikan wawasan berharga bagi perusahaan. Hasil analisis menggunakan metode SHERPA, ditemukan bahwa jenis error yang sering terjadi adalah Checking Error dengan kode error paling banyak adalah C5 dan C2. Rekomendasi penting yang dihasilkan adalah perlunya pemeriksaan secara rutin dan pelatihan berkala terutama untuk setiap operator

guna mereduksi error dalam proses pengoperasian. Hasil analisis metode HEART menunjukkan bahwa Pada task 1 dengan nilai HEP tertinggi berada pada no task 1.4 dengan nilai 0,256 yang berarti pekerja tidak memperhatikan dan melaksanakan dengan petunjuk yang kurang tepat sehingga akan mengakibatkan arus terhentinya proses operasional, sehingga proses produksi menjadi terganggu dan mengganggu konsentrasi operator control room. Kemudian pada Task 2 memperlihatkan untuk nilai HEP tertinggi untuk coal conveyor berada pada no task 2.1 dengan nilai 0,544 yaitu pekerja lalai dalam menjalankan tugasnya sehingga dapat berakibat fatal terhadap system mesin conveyor. Kemudian Pada Task 3 memperlihatkan untuk nilai HEP tertinggi untuk belt conveyor berada pada no task 3.4 dengan nilai 0,224 yang berarti dapat beresiko besar yaitu bisa membuat meledak sampai pada kecelakaan dan insiden. Rekomendasi untuk PT. Bumi Mineral Sulawesi berfokus pada penguatan prosedur pemeriksaan rutin, pelatihan berkala operator, dan peningkatan pemahaman terhadap petunjuk operasional yang jelas. Pentingnya memastikan keselamatan karyawan terutama pada operator control room, operator coal conveyor, dan operator belt conveyor juga disoroti. Untuk penelitian mendatang, disarankan untuk meluaskan studi pada faktor pemicu kesalahan manusia di berbagai sektor industri, mengembangkan pendekatan evaluasi yang lebih efektif, mengeksplorasi faktor-faktor organisasi dan individu dengan menggunakan pendekatan yang berbeda sebagai pelengkap *Human Reliability Analysis* (HRA), dan melakukan pemantauan terhadap implementasi rekomendasi pencegahan untuk terus meningkatkan praktik terbaik dalam manajemen risiko.

### Ucapan Terima Kasih

Kami ucapan terima kasih kepada pihak perusahaan PT. Bumi Mineral Sulawesi, yang memberikan izin dalam melakukan penelitian terkait dengan kinerja *Human Error*, kepada pihak jurusan Teknik Industri FTI-UMI yang memberikan peluang sebagai seorang *engineer* dalam menyelesaikan permasalahan, dan kepada teman-teman yang membantu dalam proses penyelesaian penelitian ini.

### Referensi

- Cahyani, S. N., Safirin, M. T., Donoriyanto, D. S., & Rahmawati, N. (2022). Human Error Analysis to Minimize Work Accidents Using the HEART and SHERPA Methods at PT. Wonojati Wijoyo. *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, 6(1), 48–59. <https://doi.org/10.21070/prozima.v6i1.1569>
- Fole, A. (2023). Perancangan Strategi Mitigasi Risiko Pada Proses Bisnis CV. JAT Menggunakan Metode House of Risk. *Journal of Industrial Engineering Innovation*, 1(02), 54-64. <https://doi.org/10.58227/jiei.v1i02.109>
- Fole, A., & Mujaddid. (2023). Identifikasi Jalur Evakuasi Institut Teknologi Dan Bisnis Nobel Indonesia. *Journal of Industrial Engineering Innovation*, 1(1), 10-17. <https://doi.org/10.58227/jiei.v1i1.56>
- Ghousi, R., Khanzadi, M., & Esfahani, M. M. (2023). Human reliability analysis in deep excavation projects using a fuzzy Bayesian HEART-5M integrated method: case of a residential tower in north Tehran. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 29(3), 1182–1195. <https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2115227>

- Howe, L., Johnston, S., & Côte, C. (2023). Mining-related environmental disasters: A High Reliability Organisation (HRO) perspective. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 417). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137965>
- Klages, B., & Zaeh, M. (2023). Concept of a data-based approach for the prediction and reduction of human errors in manual assembly. *Procedia CIRP*, 116, 209–214. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.036>
- Koseoglu, S. C., Delice, E. K., & Erdebilli, B. (2023). Nurse-Task Matching Decision Support System Based on FSPC-HEART Method to Prevent Human Errors for Sustainable Healthcare. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 16(1). <https://doi.org/10.1007/s44196-023-00224-7>
- Maulidya, A., Oginawati, K., & Suharyanto, S. (2023). Analysis of Human Error Potential as a Cause of Work Accident using Sherpa and Heart Method in The Cement Industry. *Journal of World Science*, 2(9), 1387–1397. <https://doi.org/10.58344/jws.v2i9.408>
- Nwaila, G. T., Frimmel, H. E., Zhang, S. E., Bourdeau, J. E., Tolmay, L. C. K., Durrheim, R. J., & Ghorbani, Y. (2022). The minerals industry in the era of digital transition: An energy-efficient and environmentally conscious approach. *Resources Policy*, 78. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102851>
- Rammadaniya, P., & Mahbubah, N. (2022). Integration of the HEART and SHERPA Approach to Evaluating Human Errors in the Refinery Salt Production. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 24(2), 177–193. <https://doi.org/10.32734/jsti.v24i2.7755>
- Safutra, N. I., Fole, A., Gunawan, A., Hafid, M. F., Ahmad, A., & Herdianzah, Y. (2024). Perencanaan Jalur Evakuasi Kebakaran Yang Efisien Untuk Fasilitas Perawatan Rumah Sakit Dengan Menggunakan Algoritma Dijkstra. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(2), 44–58. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v9i2.8794>
- Sujan, M., Lounsbury, O., Pickup, L., Kaya, G. K., Earl, L., & McCulloch, P. (2024). What kinds of insights do Safety-I and Safety-II approaches provide? A critical reflection on the use of SHERPA and FRAM in healthcare. *Safety Science*, 173, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106450>
- Susilo, M., & Purnomo, H. (2020). HUMAN ERROR IDENTIFICATION IN BUS DRIVER WORK USING SHERPA AND HEART. *Journal of Industrial Engineering Management*, 5(2), 62–69. <https://doi.org/10.33536/jiem.v5i2.730>
- Torres, Y., Nadeau, S., & Landau, K. (2021). Classification and quantification of human error in manufacturing: A case study in complex manual assembly. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(2), 1–23. <https://doi.org/10.3390/app11020749>
- Utama, A. S. P., Tambunan, W., & Fathimahhayati, L. D. (2020). Analisis Human Error pada Proses Produksi Keramik dengan Menggunakan Metode HEART dan SHERPA. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 6(1), 12–22. <https://doi.org/10.30656/intech.v6i1.2114>
- Zetli, S. (2021). Analisis Human Error dengan Pendekatan Metode SHERPA dan HEART pada Produksi Batu Bata UKM Yasin. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 7(2), 147–156. <https://doi.org/10.30656/intech.v7i2.3934>