

INTEGRASI METODE FMEA DAN TOPSIS UNTUK MENGEVALUASI RISIKO KECELAKAAN KERJA PADA PROSES PRODUKSI BATUAN ANDESIT DI PT ARGA WASTU REMBANG

Alif Ma'rufan^{1*}, Nanang Wicaksono²

^{1,2}Teknik Industri, Universitas PGRI Ronggolawe
*Email: alifmarufan20@gmail.com

ABSTRAK

PT Arga Wastu merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang penambangan penunjang konstruksi berspesialisasi dalam penyediaan bahan gilingan C berupa batu andesit. Proses produksi batu andesit ini terdiri dari proses pengeboran (*drilling*), proses penutupan pada lubang ledak (*stemming*), proses peledakan (*blasting*) dan proses penghancuran batu ke berbagai ukuran (*crushing*). Pada setiap proses produksi yang berlangsung sangat berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja dan gangguan kesehatan. Setiap aktivitas yang berisiko kecelakaan kerja, terdiri dari kecelakaan kerja kategori berat, kategori sedang, dan kategori ringan. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu metode FMEA dan metode TOPSIS. Metode FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi risiko kecelakaan kerja, dan metode TOPSIS digunakan untuk menentukan alternatif dalam pengambilan keputusan. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi dan *Focus Group Discussion* oleh pihak K3 perusahaan. Berdasarkan metode FMEA teridentifikasi sebanyak 25 risiko kecelakaan kerja. Diagram pareto sebagai penentuan prioritas masalah, dan pada metode TOPSIS diperoleh keputusan ideal yaitu melakukan pengawasan dan inspeksi secara langsung, di areal kerja pembuatan batu andesit guna menghindari kecelakaan kerja yang diakibatkan dari tidak digunakannya APD dan memberikan peringatan agar tidak terlalu lama berada di sekitar mesin jika tidak ada kepentingan serta membuat display informasi tentang tingginya frekuensi sura mesin. Sehingga diharapkan dengan dilakukannya inspeksi dan pengawasan dalam bentuk inspeksi penggunaan APD, *technical meeting* dan memberikan *reward* untuk pekerja yang menerapkan K3 dengan baik.

Kata Kunci : *Focus Group Discussion*; Metode FMEA; Diagram Pareto; Metode TOPSIS

PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan aspek yang sangat bernilai dalam melindungi kesejahteraan dan keselamatan tenaga kerja yang bekerja pada sebuah perusahaan. Adapun tenaga kerja itu sendiri juga termasuk aspek pendukung kemajuan dan pertumbuhan dalam suatu perusahaan. Dua hal tersebut sangat mutlak pentingnya guna mencapai kemajuan sebuah perusahaan [1]. Namun secara umum, permasalahan Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Indonesia masih terbilang sangat kurang, ditunjukkan dengan angka musibah kerja yang masih cukup tinggi. Sepanjang tahun 2020, BPJS Ketenagakerjaan mengantongi data kasus kecelakaan kerja sebanyak 177.000 kasus, sedangkan setahun sebelumnya tercatat 144.000 kasus kecelakaan kerja. Menurut menteri ketenagakerjaan (Menaker) angka tersebut berasal dari kurangnya penerapan dan kesadaran budaya K3 dalam suatu perusahaan[2].

Perkembangan perindustrian yang semakin pesat di Indonesia belum diimbangi dengan kesadaran perusahaan maupun tenaga kerja dalam memahami serta melaksanakan bagaimana program K3 yang baik karena masih banyak jenis kecelakaan kerja yang terjadi baik dalam klasifikasi yang ringan hingga klasifikasi yang ekstrem. Meskipun ketentuan mengenai keselamatan dan kesehatan kerja telah diatur sedemikian rupa, akan tetapi dalam penerapannya belum sesuai dengan yang diharapkan, terutama dari segi tingkat kesadaran akan pentingnya K3.

PT. Arga Wastu adalah salah satu perusahaan tambang swasta Indonesia dan sudah berpengalaman secara nasional di sektor pertambangan yang terletak di Desa Sanetan, Kecamatan Sluke, Kabupaten Rembang. Perusahaan ini bergerak di bidang perusahaan jasa penunjang konstruksi berspesialisasi dalam penyediaan bahan gilingan C berupa batu andesit. Batu andesit merupakan jenis batu alam yang biasanya digunakan untuk berbagai

macam pembangunan infrastruktur. Adapun tahapan proses produksi pertambangan batuan andesit yaitu, proses pengeboran (drilling), proses ini bertujuan untuk membuat lubang tembak yang akan diisi oleh bahan peledak yang terlebih dahulu diisi material atau pasir (sub-drilling). Selanjutnya proses menutupi lubang (steamming) yang telah diisi bahan peledak dengan tanah liat yang berfungsi untuk menahan tekanan keatas dan pecahan batu akibat ledakkan (flyrock). Kemudian proses yang ketiga adalah peledakan (blasting), proses ini memecah atau membongkar batuan padat atau material berharga atau endapan bijih yang bersifat kompak atau massive dari batuan induknya. Dan yang terakhir ialah proses penghancuran (Crushing), penghancuran bongkahan batu hasil peledakan menjadi ukuran yang lebih kecil menggunakan mesin. Setiap kegiatan proses dalam produksi batuan andesit ini memiliki bahaya dan tingkat risiko kerja yang berbeda-beda. Oleh karena itu setiap pekerja yang bekerja pada area produksi diharuskan untuk mengedepankan keselamatan kerja.

Penelitian ini dilaksanakan sebagai upaya mengevaluasi risiko kecelakaan kerja pada proses produksi batuan andesit yang dapat terjadi setiap saat, dengan langkah mengidentifikasi risiko serta tingkatan bahaya yang mungkin dapat terjadi. Selanjutnya dilakukan pengelompokan klasifikasi pekerjaan produksi batuan andesit menurut jenisnya masing-masing. Kemudian menentukan masalah yang menjadi prioritas utama yang harus diselesaikan dan mencari solusi ideal untuk mengatasi masalah sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan kerja untuk kedepannya nanti.

Adapun metode yang akan diterapkan dalam penelitian ini adalah mengintegrasikan antara metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dengan metode *Technique For Others Reference by Similarity to Ideal Solution* (Topsis). Metode FMEA berfungsi untuk mengidentifikasi mode kegagalan serta tingkat keparahan dari akibat yang ditimbulkan. Pada proses produksi batuan andesit tersebut memiliki kriteria kecelakaan kerja yang berbeda-beda. Dengan menggunakan metode FMEA, penulis dapat mengidentifikasi risiko kecelakaan tidak hanya satu kriteria saja melainkan berdasarkan 3 kriteria penilaian, yaitu tingkat keparahan (*severity*), tingkat kemungkinan kejadian (*occurrence*), dan

pendeteksian (*detection*). Masing-masing dari kriteria tersebut memiliki nilai bobot yang berbeda-beda [3]. Setelah ditemukan hasil dari nilai FMEA, selanjutnya melakukan perhitungan bobot *entropy* yang terdapat pada metode *Technique For Others Reference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Selain untuk menghitung nilai bobot ketiga kriteria yang ada, metode TOPSIS juga digunakan untuk pencarian alternatif-alternatif dalam pengambilan keputusan untuk solusi ideal dengan mengetahui, menghitung dan mengkonversi 3 kriteria pada penilaian preferensi alternatif menjadi satu kriteria alternatif[4]. Nilai preferensi alternatif akan sangat menentukan dalam perhitungan variabel pengambilan keputusan risiko kecelakaan kerja yang akan diselesaikan. Karena mengetahui masalah yang menjadi prioritas maka hal ini digunakan sebagai dasar penentuan tindakan perbaikan dan pencegahan yang akan dilakukan. Harapannya dengan mengintegrasikan metode FMEA dengan metode TOPSIS ini dapat mengevaluasi risiko kecelakaan kerja pada proses produksi batuan andesit dan sekaligus menjadi acuan dalam menentukan tindakan preventif dan memberikan solusi perbaikan penerapan K3 yang baik dan benar pada PT. Arga Wastu kedepannya.

METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data didapatkan dengan langkah sebagai berikut:

Observasi

Observasi dilakukan untuk memperoleh hasil pengamatan secara langsung dilapangan serta mengidentifikasi risiko-risiko kecelakaan pada lingkungan kerja perusahaan.

Wawancara

Wawancara dilakukan kepada pihak K3 perusahaan dan pihak lain yang terlibat. Hal ini dilakukan untuk mengetahui data kecelakaan kerja dan kondisi perusahaan secara menyeluruh serta aktivitas yang dilakukan perusahaan.

FGD (*Focus Group Discussion*)

FGD merupakan diskusi kelompok guna membahas suatu topik tertentu secara spesifik[5]. Adapun peserta FGD yaitu Ketua K3 perusahaan dan sekretaris/staff k3 perusahaan. Peneliti akan memperoleh data-data yang dibutuhkan dari hasil FGD. Selanjutnya data akan diolah melalui integrasi metode FMEA dan TOPSIS.

PENGOLAHAN DATA

Apabila data sudah didapatkan, maka data akan diolah melalui integrasi metode FMEA dan TOPSIS. Dijelaskan sebagai berikut:

Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan. Mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan atau kegagalan dalam kegiatan dan kondisi di luar batas spesifikasi yang telah ditetapkan atau perubahan pada kegiatan yang menyebabkan terganggunya fungsi fungsi dari kegiatan pekerjaan. Dengan menghilangkan mode kegagalan maka FMEA akan meningkatkan keandalan dari pelayanan sehingga meningkatkan produktifitas akan pelayanan tersebut. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan efek yang ditimbulkan pada operasi dari aktifitas dengan mengidentifikasi aksi untuk mengatasi masalah tersebut[6].

Langkah langkah metode FMEA diantara yaitu [7] :

1. Mengidentifikasi kategori kecelakaan kerja yang terjadi selama proses produksi di suatu bagian
2. Menentukan nilai tingkat keseriusan atau keparahan (*severity*)
3. Menentukan nilai *Probability* atau tingkat keserangan terjadinya kecelakaan
4. Menentukan nilai *detection*, kemampuan pendeteksian
5. Perhitungan RPN (*Risk Priority Number*) untuk menentukan prioritas tindakan yang harus diambil (*Severity x probability x detection*)

Faktor faktor penilaian Metode FMEA

1).Severity

Severity (S) adalah penilaian terhadap keseriusan dari efek yang ditimbulkan. Setiap kegagalan yang timbul akan dinilai seberapa besar tingkat keseriusannya.

Berikut ini merupakan rating penilaian *severity* dengan skala 1-10[8]:

Tabel 1 Rating penilaian *severity*

| Rating | Dampak | Akibat Luka |
|--------|--|---|
| 10 | Kehilangan nyawa atau | Kematian beberapa individu |
| 9 | merubah kehidupan individu | Kematian individu |
| 8 | individu | Perlu perawatan serius dan menimbulkan cacat permanen |
| 7 | Berdampak besar pada individu sehingga tidak ikut lagi dalam aktivitas | Dirawat lebih dari 12 jam, dengan luka pecah pembuluh darah, hilang ingatan hebat, kerugian besar, dll |
| 6 | | Dirawat lebih dari 12 jam, patah tulang, tulang bergeser, radang dingin, luka bakar, susah bernafas, dan lupa ingatan sementara, jatuh/terpeleset |
| 5 | Dampak yang diterima sedang (individu | Keseleo/terkilir, retak/patah tangan, kram |
| 4 | hanya 1 sampai 2 hari tidak ikut dalam aktivitas) | Luka bakar ringan, luka gores/tersayat, froship (radang dingin/panas) |
| 3 | Dampak diterima kecil (individu masih dapat ikut dalam aktivitas) | Melepuh tersengat panas, keseleo ringan, tergelincir atau terpeleset ringan |
| 2 | aktivitas) | Tersengat matahari, memar, teriris ringan, tergores |
| 1 | Tidak berdampak (individu tidak mendapat dampak yang terasa) | Terkena serpihan, tersengat serangga, tergigit serangga |

2) *Occurence*

Occurence merupakan kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan. Rating penilaian *occurence* dengan skala 1-10 adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Rating penilaian *occurence*

| Probabilitas Kejadian | Tingkat Kejadian | Nilai |
|---|--------------------------------|---------|
| Sangat tinggi dan tidak bisa dihindari | >1 in 2 1 in 3 | 10 9 |
| Tinggi dan sering terjadi | 1 in 8 1 in 20 | 8 7 |
| Sedang dan kadang terjadi | 1 in 80 1 in 400 | 6 5 |
| Rendah dan relatif jarang terjadi | 1 in 2000 1 in 15.000 | 4 3 |
| Sangat rendah dan hampir tidak pernah terjadi | 1 in 150.000 1 in 1.500.000 | 2 1 |

3) *Detection*

Detection pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Berikut ini rating penilaian *detection*:

Tabel 3 Rating penilaian *detection*

| Deteksi | Kemungkinan Terdeteksi | Rating |
|----------------------|--|--------|
| Hampir tidak mungkin | Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi | 10 |
| Sangat jarang | Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan | 9 |
| Jarang | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sangat rendah | 8 |
| Sangat rendah | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab rendah | 7 |
| Rendah | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab rendah | 6 |
| Sedang | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sedang | 5 |
| Agak tinggi | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sedang sampai tinggi | 4 |

Tabel 4 Rating penilaian *detection* (lanjutan)

| Deteksi | Kemungkinan Terdeteksi | Rating |
|---------------|---|--------|
| Tinggi | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab tinggi | 3 |
| Sangat tinggi | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sangat tinggi | 2 |
| Hampir pasti | Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab hampir pasti | 1 |

Perhitungan RPN (Risk Priority Number)

Perhitungan Nilai RPN merupakan angka perhitungan yang menyatakan suatu skala prioritas terhadap tingkat risiko kecelakaan kerja. RPN merupakan hasil perkalian dari *severity* (*s*), *occurence* (*o*) dan *detection* (*d*). Berikut ini merupakan persamaan rumus perhitungan untuk mencari RPN:

$$RPN = S \times O \times D$$

Diagram Pareto

Diagram pareto adalah suatu gambar yang mengurutkan suatu klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan rangking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (rangking tertinggi) sampai dengan masalah yang tidak harus segera diselesaikan (rangking terendah). Diagram pareto juga dapat digunakan untuk mencari 20% jenis cacat yang merupakan 80% kecacatan dari keseluruhan proses produksi[9].

Metode TOPSIS (Technique for order performance by similarity to ideal solution)

TOPSIS merupakan salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang pada tahun 1981. Dalam pengerjaannya TOPSIS didasarkan pada konsep dimana alternatif terpilih adalah yang terbaik dan tidak hanya memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif, namun memiliki jarak terpanjang dari solusi ideal positif[10]

Langkah-langkah metode TOPSIS

1. Membuat matriks perbandingan berpasangan antar kriteria, dengan rumus:

$$X = [x_{ij}]$$

2. Menghitung bobot kriteria dengan bobot *entropy*, yaitu dengan perhitungan masing-masing kriteria berdasarkan penilaian dari pihak P2K3 Perusahaan melalui metode FGD, penilaian bobot kriteria sebagai berikut[11]:

Tabel 5 Rating Bobot *Entrophy*

| Bobot | Keterangan |
|-------|----------------|
| 1-2 | Tidak penting |
| 3-4 | Kurang penting |
| 5-6 | Cukup penting |
| 7-8 | Penting |
| 9-10 | Sangat penting |

3. Perhitungan bobot setiap perbandingan kriteria. Perhitungan perbandingan berat masing-masing kriteria didasarkan pada perhitungan nilai entrophie dan kemudian mengubahnya menjadi berat digambarkan sebagai berikut:

$$Y_{ij} = W_j \times R_{ij}$$

4. Penetapan solusi ideal positif V^+ dan solusi ideal negatif V^- untuk masing-masing perbandingan kriteria dapat menggunakan rumus berikut:

$$V^+ = (max(rij1), (max(rij2), (max(rijn))) \\ = V_1^+, V_2^+, V_3^+, V_n^+$$

$$V^- = (min(rij1), (min(rij2), (min(rijn))) \\ = V_1^-, V_2^-, V_3^-, V_n^-$$

5. Menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_j^+ - v_{ij}^+)^2}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij}^- - v_j^-)^2}$$

6. Perhitungan nilai preferensi untuk setiap alternatif

$$V_i = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)}, 0 \leq V_i \leq 1$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses pembuatan batu andesit pada PT. Arga Wastu terdapat 5 tahapan proses pengolahan. Proses pengeboran (*drilling*), penutupan pada lubang ledak (*stemming*), peledakan (*blasting*), penghancuran mesin *breaker*, dan proses penghancuran dengan mesin *crushing*.

Identifikasi Risiko Kecelakaan Kerja pada Proses Produksi Batuan Andesit

Berikut ini merupakan identifikasi risiko kecelakaan kerja sebagai hasil dari

observasi sementara. Terdapat 25 potensi risiko kecelakaan kerja:

Tabel 6 Hasil Identifikasi Bahaya

| Proses | KODE | Failure Mode | Failure Effect (Dampak Risiko) | |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Peledakan (<i>Blasting</i>) | F1 | Mata terkena asap dan debu | Iritasi, infeksi pada mata | |
| | F2 | Terhirup debu | Sesak nafas | |
| | F3 | Terpeleset | Cedera bagian tubuh | |
| | F4 | Kebisingan mesin drilling | Gangguan pendengaran | |
| | F5 | Terjatuh | Cidera dan luka | |
| | F6 | Udara panas | Dehidrasi, kehilangan konsentrasi | |
| Penutupan (<i>Stemming</i>) | F7 | Tersandung bebatuan | Cidera tubuh | |
| | F8 | Kelalaian saat mesin drilling menyala | Cidera bagian tubuh | |
| | F9 | Terpeleset | Cidera bagian tubuh | |
| Peledakan (<i>Blasting</i>) | F10 | Bahan peledak berbahaya | Luka bakar | |
| | F11 | Posisi tubuh tidak tepat | Sakit pinggang | |
| | F12 | Tersandung bebatuan | Cidera bagian tubuh | |
| | F13 | Suara ledakan | Gangguan pendengaran | |
| Peledakan (<i>Blasting</i>) | F14 | Terkena <i>Flyrock</i> | Cedera pada tubuh | |
| | F15 | Terhirup debu | Sesak nafas, infeksi paru-paru | |
| | F16 | Terpeleset di bebatuan | Luka | |
| | Penghancuran (<i>breaker</i>) | F17 | Mata terkena serpihan batu | Infeksi pada mata |
| | | F18 | Kebisingan | Gangguan |

| | | | |
|---|-----|-----------------------------|----------------------|
| <i>mechine)</i> | 8 | mesin breaker | pendengaran |
| | F19 | Tersandung bebatuan | Cedera dan luka |
| | F20 | Kelilipan | Mata merah |
| Penghancuran (<i>Crushing machine</i>) | F21 | Debu berterbangan | Iritasi mata merah |
| | F22 | Kebisingan | Gangguan pendengaran |
| | F23 | Terhirup debu hancuran batu | Sesak nafas |
| | F24 | Terpeleset di jaw crusher | Luka |
| | F25 | Tersengat aliran listrik | Tersetrum |

Perhitungan Nilai Severity

Nilai keseriusan (*severity*) dalam *failure mode* menunjukkan tingkat keseriusan akibat ataupun efek yang muncul didalam suatu *failure mode* Nilai-nilai *severity* didapat dari hasil penilaian pada pengumpulan data melalui Focus Group Discussion yang dilakukan oleh pengurus K3 di PT Arga Wastu. Berikut ini merupakan hasil penilaian *severity*:

Tabel 7 Nilai Severity

| KODE | Failure Mode | Severity |
|------|---------------------------------------|----------|
| F1 | Mata terkena asap dan debu | 4 |
| F2 | Terhirup debu | 3 |
| F3 | Terpeleset | 3 |
| F4 | Kebisingan mesin drilling | 8 |
| F5 | Terjatuh | 3 |
| F6 | Udara panas | 2 |
| F7 | Tersandung bebatuan | 3 |
| F8 | Kelalaian saat mesin drilling menyala | 4 |
| F9 | Terpeleset | 2 |
| F10 | Bahanpeledak berbahaya | 5 |
| F11 | Posisi tubuh tidak tepat | 3 |
| F12 | Tersandung bebatuan | 3 |
| F13 | Suara ledakan | 3 |
| F14 | Terkena <i>Flyrock</i> | 5 |
| F15 | Terhirup debu | 4 |
| F16 | Terpeleset di bebatuan | 4 |
| F17 | Mata terkenas serpihan batu | 4 |

| | | |
|-----|-----------------------------|---|
| F18 | Kebisingan mesin breaker | 4 |
| F19 | Tersandung bebatuan | 3 |
| F20 | Kelilipan | 2 |
| F21 | Debu berterbangan | 3 |
| F22 | Kebisingan | 3 |
| F23 | Terhirup debu hancuran batu | 4 |
| F24 | Terpeleset di jaw crusher | 3 |
| F25 | Tersengat aliran listrik | 3 |

Perhitungan Nilai Occurance

Occurance merupakan kemungkinan terjadinya penyebab kecelakaan. Perhitungan nilai *occurence* yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan angka kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi merupakan kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dalam bentuk kegagalan selama masa proses pembuatan batu andesit. Dibawah ini merupakan data yang didapat dari *Focus Group Discussion* dari pihak HSE perusahaan:

Tabel 8 Nilai Occurance

| KODE | Failure Mode | Occurence |
|------|----------------------------|-----------|
| F1 | Mata terkena asap dan debu | 4 |
| F2 | Terhirup debu | 4 |
| F3 | Terpeleset | 4 |
| F4 | Kebisingan mesin drilling | 2 |

Tabel 9 Nilai Occurance (lanjutan)

| KODE | Failure Mode | Occurence |
|------|---------------------------------------|-----------|
| F5 | Terjatuh | 2 |
| F6 | Udara panas | 6 |
| F7 | Tersandungbebatuan | 5 |
| F8 | Kelalaian saat mesin drilling menyala | 2 |
| F9 | Terpeleset | 3 |
| F10 | Bahan peledak berbahaya | 1 |
| F11 | Posisi tubuh tidak tepat | 5 |
| F12 | Tersandung bebatuan | 4 |
| F13 | Suara ledakan | 3 |
| F14 | Terkena <i>Flyrock</i> | 3 |
| F15 | Terhirup debu | 2 |
| F16 | Terpeleset di bebatuan | 3 |
| F17 | Mata terkenas serpihan batu | 2 |

| | | |
|-----|-----------------------------|---|
| F18 | Kebisingan mesin breaker | 3 |
| F19 | Tersandung bebatuan | 2 |
| F20 | Kelilipan | 3 |
| F21 | Debu berterbangan | 4 |
| F22 | Kebisingan | 3 |
| F23 | Terhirup debu hancuran batu | 3 |
| F24 | Terpeleset di jaw crusher | 4 |
| F25 | Tersengat aliran listrik | 2 |

Perhitungan Nilai *Detection*

Nilai *detection* merupakan pengukuran terhadap kemampuan dalam mendeteksi atau mengontrol suatu kecelakaan yang dapat terjadi sewaktu-waktu. Berikut ini merupakan data hasil dari *Focus Group Discussion* untuk nilai *detection* dari pihak HSE perusahaan.

Tabel 10 Nilai *Detection*

| KO DE | Failure Mode | Detection |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| F1 | Mata terkena asap dan debu | 3 |
| F2 | Terhirup debu | 4 |
| F3 | Terpeleset | 3 |
| F4 | Kebisingan mesin drilling | 4 |
| F5 | Terjatuh | 3 |
| F6 | Udara panas | 2 |
| F7 | Tersandung bebatuan | 3 |
| F8 | Kelalaian saat mesin drilling menyala | 4 |
| F9 | Terpeleset | 2 |
| F10 | Bahan peledak berbahaya | 5 |
| F11 | Posisi tubuh tidak tepat | 3 |
| F12 | Tersandung bebatuan | 3 |
| F13 | Suara ledakan | 3 |
| F14 | Terkena <i>Flyrock</i> | 4 |

Tabel 11 Nilai *Detection* (lanjutan)

| KO DE | Failure Mode | Detection |
|----------|-----------------------------|-----------|
| F15 | Terhirup debu | 2 |
| F16 | Terpeleset di bebatuan | 3 |
| F17 | Mata terkenas serpihan batu | 3 |
| F18 | Kebisingan mesin breaker | 3 |

| | | |
|-----|-----------------------------|---|
| F19 | Tersandung bebatuan | 2 |
| F20 | Kelilipan | 1 |
| F21 | Debu berterbangan | 2 |
| F22 | Kebisingan | 3 |
| F23 | Terhirup debu hancuran batu | 4 |
| F24 | Terpeleset di jaw crusher | 3 |
| F25 | Tersengat aliran listrik | 2 |

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

Hasil Penilaian dari FMEA

Perhitungan Nilai RPN merupakan angka perhitungan yang menyatakan suatu skala prioritas terhadap tingkat risiko kecelakaan kerja. Perhitungan ini digunakan dalam upaya melakukan tindakan perencanaan. RPN merupakan hasil perkalian dari *severity* (*s*), *occurrence* (*o*) dan *detection* (*d*) [12]. Berikut ini hasil perhitungan RPN:

Tabel 12 Perhitungan RPN

| S | O | D | RPN | RANK |
|---|---|---|-----|-----------|
| 4 | 4 | 3 | 36 | 6 |
| 3 | 4 | 4 | 32 | 12 |
| 3 | 4 | 3 | 36 | 7 |
| 8 | 2 | 4 | 64 | 1 |
| 3 | 2 | 3 | 18 | 20 |
| 2 | 6 | 2 | 24 | 17 |
| 3 | 5 | 3 | 45 | 4 |
| 4 | 2 | 4 | 32 | 13 |
| 2 | 3 | 2 | 12 | 22 |
| 5 | 1 | 5 | 25 | 16 |
| 3 | 5 | 3 | 45 | 5 |
| 3 | 4 | 3 | 36 | 8 |
| 3 | 3 | 3 | 27 | 14 |
| 5 | 3 | 4 | 60 | 2 |
| 4 | 2 | 2 | 16 | 21 |
| 4 | 3 | 3 | 36 | 9 |
| 4 | 2 | 3 | 24 | 18 |
| 4 | 3 | 3 | 36 | 10 |
| 3 | 2 | 2 | 12 | 23 |
| 2 | 3 | 1 | 6 | 25 |
| 3 | 4 | 2 | 24 | 19 |
| 3 | 3 | 3 | 27 | 15 |
| 4 | 3 | 4 | 48 | 3 |
| 3 | 4 | 3 | 36 | 11 |
| 3 | 2 | 2 | 12 | 24 |

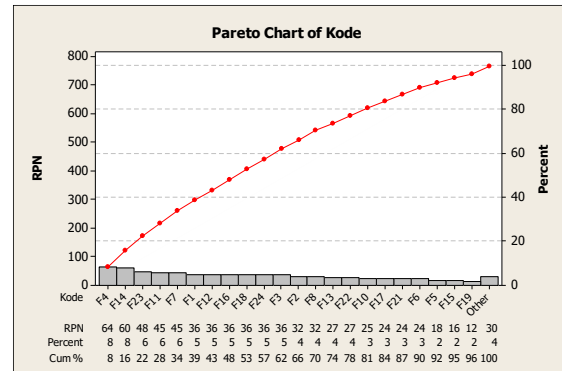
Menentukan variable potensial dengan diagram pareto

Fungsi diagram pareto adalah untuk mengetahui *failure mode* mana yang menjadi prioritas. Konsep pareto ini mengasumsikan bahwa 80% permasalahan umumnya disebabkan oleh 20% penyebab utama. Penggunaan diagram pareto ini membantu untuk memfokuskan kepada 20% penyebab kecelakaan tersebut dibandingkan dengan mengerjakan 80% penyebab kecelakaan lain yang memiliki dampak kecil terhadap permasalahan [13]. Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan persentase dan persentase kumulatif dari pengurutan nilai RPN yang terbesar hingga terkecil sebagai berikut:

Tabel 13 Persentase Kumulatif

| No | Failure Mode | Risiko Kecelakaan Kerja | | |
|--------------|--------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|
| | | RP N | Persentas e (%) | Persentas e Kumulati f (%) |
| 1 | F4 | 64 | 8,322 | 8,3 |
| 2 | F14 | 60 | 7,802 | 16,1 |
| 3 | F23 | 48 | 6,241 | 22,3 |
| 4 | F7 | 45 | 5,851 | 28,1 |
| 5 | F11 | 45 | 5,851 | 33,9 |
| 6 | F1 | 36 | 4,681 | 38,5 |
| 7 | F3 | 36 | 4,681 | 43,1 |
| 8 | F12 | 36 | 4,681 | 47,7 |
| 9 | F16 | 36 | 4,681 | 52,3 |
| 10 | F18 | 36 | 4,681 | 56,9 |
| 11 | F24 | 36 | 4,681 | 61,5 |
| 12 | F2 | 32 | 4,161 | 65,6 |
| 13 | F8 | 32 | 4,161 | 69,7 |
| 14 | F13 | 27 | 3,511 | 73,2 |
| 15 | F22 | 27 | 3,511 | 76,7 |
| 16 | F10 | 25 | 3,250 | 79,9 |
| 17 | F6 | 24 | 3,120 | 83 |
| 18 | F17 | 24 | 3,120 | 86,1 |
| 19 | F21 | 24 | 3,120 | 89,2 |
| 20 | F5 | 18 | 2,340 | 91,5 |
| 21 | F15 | 16 | 2,080 | 93,5 |
| 22 | F9 | 12 | 1,560 | 95 |
| 23 | F19 | 12 | 1,560 | 96,5 |
| 24 | F25 | 12 | 1,560 | 98 |
| 25 | F20 | 6 | 0,780 | 98,7 |
| Total | | 769 | 100 | 100 |

Berikut diperoleh gambaran diagram pareto untuk risiko kecelakaan yang terjadi pada proses pembuatan batu andesit PT. Arga Wastu:



Gambar 2 Diagram pareto resiko kecelakaan kerja

Penentuan masalah risiko kecelakaan kerja prioritas menggunakan diagram pareto didapatkan 3 yang masuk dalam 20% prioritas, yaitu :

- 1) F4 yaitu “Kebisingan tinggi yang dihasilkan dari mesin *drilling*”. Efek akibat dari *failure mode* ini dapat menyebabkan gangguan pada pendengaran pekerja.
- 2) F14 yaitu “Terkena *flyrock* ketika proses peledakan”. Efek akibat dari *failure mode* ini adalah cedera pada tubuh bahkan bisa menimbulkan efek yang lebih serius.
- 3) F23 yaitu “Terhirup debu sekitar pabrik karena proses penghancuran batu”. Efek dari *failure mode* ini adalah sesak nafas dan gangguan pernafsan lainnya bahkan infeksi paru-paru.

Perhitungan dengan metode TOPSIS (*Technique for order preference by similarity to ideal solution*)

Metode TOPSIS ini pada dasarnya digunakan untuk mengambil keputusan solusi terbaik dari beberapa alternatif yang ada. Pada perhitungan sebelumnya menggunakan metode FMEA telah teridentifikasi 3 risiko kecelakaan kerja potensial yang memiliki nilai RPN tertinggi yang selanjutnya akan dilakukan tahapan pengambilan keputusan untuk 3 risiko yang telah teridentifikasi dengan menggunakan metode TOPSIS. Oleh karena dibuatlah keputusan alternatif untuk mengatasi masalah F24, F23 dan F12 yang merupakan masalah yang menjadi prioritas, berikut ini adalah beberapa keputusan alternatif yang diambil

kemudian dinilai oleh ahli K3 pihak perusahaan, yaitu:

- 1) Melakukan inspeksi dan pengawasan di areal kerja pembuatan batu andesit guna menghindari kecelakaan kerja yang diakibatkan dari tidak digunakannya APD dan memberikan peringatan agar tidak terlalu lama berada didekat mesin jika tidak ada kepentingan mendesak. Keputusan ini di asumsikan sebagai (A1).
- 2) Membuat *banner* K3 sebagai pengingat dan informasi tentang pentingnya penggunaan APD disekitar lokasi pembuatan batu *split* terutama masker, kacamata dan penutup telinga. Keputusan ini di asumsikan sebagai (A2).
- 3) Membuat batas peringatan jarak yang aman agar terhindar dari *flyrock*. Keputusan ini di asumsikan sebagai (A3).

Matriks Keputusan Ternormalisasi dengan Perbandingan Berpasangan

Dimulai dengan membuat matriks keputusan. Cara untuk membuat matriks keputusan ialah dengan mendapatkan bobot dari perhitungan perbandingan antar alternatif dari masalah prioritas yang telah teridentifikasi [14]. Berikut ini hasil perhitungan matriks ternormalisasi:

- 1) Perhitungan bobot dari perbandingan berpasangan antar alternatif terhadap kriteria “kebisingan tinggi yang dihasilkan oleh mesin *drilling*”.

Tabel 14 Bobot Perbandingan Berpasangan antar alternatif terhadap kriteria F4

| Kriteria | Alternatif | KA1 | KA2 | KA3 | Bobot |
|---------------------------|------------|----------|----------|----------|--------------|
| Kebisingan mesin drilling | A1 | 0,652 | 0,600 | 0,714 | 0,475 |
| | A2 | 0,217 | 0,200 | 0,142 | 0,186 |
| | A3 | 0,130 | 0,200 | 0,142 | 0,156 |
| | Jumlah | 1 | 1 | 1 | 1 |

- 2) Perhitungan bobot dari perbandingan berpasangan antar alternatif terhadap kriteria “terkena *flyrock* ketika proses peledakan”

Tabel 15 Bobot Perbandingan Berpasangan antar alternatif terhadap kriteria F14

| Kriteria | Alternatif | A1 | A2 | A3 | Bobot |
|--|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Terkena <i>flyrock</i> ketika proses peledakan | A1 | 0,230 | 0,333 | 0,217 | 0,260 |
| | A2 | 0,076 | 0,111 | 0,130 | 0,105 |
| | A3 | 0,692 | 0,555 | 0,633 | 0,633 |
| | Jumlah | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

- 3) Perhitungan bobot dari perbandingan berpasangan antar alternatif terhadap kriteria “terhirup debu sekitar pabrik karena proses penghancuran batu”.

Tabel 16 Bobot Perbandingan Berpasangan antar alternatif terhadap kriteria F23

| Kriteria | Alternatif | A1 | A2 | A3 | Bobot |
|--|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Terhirup debu sekitar pabrik karena proses penghancuran batu | A1 | 0,652 | 0,600 | 0,714 | 0,633 |
| | A2 | 0,217 | 0,200 | 0,142 | 0,260 |
| | A3 | 0,130 | 0,200 | 0,142 | 0,105 |
| | Jumlah | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Pembuatan Matriks Ternormalisasi

Metode TOPSIS membutuhkan *rating* penilaian untuk setiap alternatif pada setiap kriteria. *Rating* ini didapatkan dari nilai perhitungan bobot yang telah dilakukan. Hasil penilaian bobot kemudian dijadikan matriks ternormalisasi. Berikut ini adalah bobot matriks ternormalisasi seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 17 Matriks Ternormalisasi

| Kode | Bobot Matriks Ternormalisasi | | |
|------|------------------------------|-------|-------|
| | A1 | A2 | A3 |
| A1 | 0,475 | 0,186 | 0,156 |
| A2 | 0,260 | 0,105 | 0,633 |
| A3 | 0,633 | 0,260 | 0,105 |

Perhitungan Bobot Entropy

Untuk mendapatkan nilai bobot kriteria kebisingan tinggi yang dihasilkan oleh mesin *drilling* (C1), terkena *flyrock* ketika proses peledakan (C2), dan terhirup debu sekitar pabrik karena proses penghancuran batu (C3). Bobot ini dapat mempengaruhi nilai perangkaan alternatif yang ada. Data penilaian ini diolah terlebih dahulu menggunakan *entropy*[15]. Kemudian penilaian diberikan berdasarkan tingkat kepentingan masing-masing. Berikut ini adalah tabel matriks hasil penilaian yang didapat dari pengambil keputusan perusahaan:

Tabel 18 Bobot Entropy

| Kriteria | E_j | D_j | W_j |
|----------|-------|--------|-------|
| C1 | 7,423 | -6,423 | 0,514 |
| C2 | 3,352 | -2,352 | 0,202 |
| C3 | 4,524 | -3,524 | 0,282 |

Perhitungan Nilai Bobot Ternormalisasi

Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan nilai bobot pada masing-masing kriteria, kemudian menghitung bobot matriks normalisasi. Berikut ini tabel yang menunjukkan bobot preferensi yang telah di hitung dengan bobot *entropy* sebelumnya.

$$\begin{aligned}
 v_{1.1} &= (0,514) \times (0,475) = 0,244 \\
 v_{1.2} &= (0,202) \times (0,260) = 0,052 \\
 v_{1.3} &= (0,282) \times (0,633) = 0,178 \\
 v_{2.1} &= (0,514) \times (0,186) = 0,419 \\
 v_{2.2} &= (0,202) \times (0,105) = 0,021 \\
 v_{2.3} &= (0,282) \times (0,260) = 0,073 \\
 v_{3.1} &= (0,514) \times (0,156) = 0,080 \\
 v_{3.2} &= (0,202) \times (0,633) = 0,127 \\
 v_{3.3} &= (0,282) \times (0,105) = 0,029
 \end{aligned}$$

Tabel 19 Nilai Bobot Ternormalisasi

| Alternatif | Kriteria Penilaian | | |
|------------|--------------------|-------|-------|
| | A1 | A2 | A3 |
| C1 | 0,244 | 0,419 | 0,080 |
| C2 | 0,052 | 0,021 | 0,127 |
| C3 | 0,178 | 0,073 | 0,029 |

Penentuan Solusi Ideal Positif dan Negatif

Dibawah ini merupakan nilai maksimum dan minimum berdasarkan matrik normalisasi terbobot sebelumnya adalah sebagai berikut:

Tabel 20 Nilai Solusi Ideal (+/-)

| Solusi Ideal | V_1 | V_2 | V_3 |
|--------------|-------|-------|-------|
| A+ | 0,244 | 0,419 | 0,127 |
| A- | 0,052 | 0,021 | 0,029 |

Perhitungan Jarak Alternatif

Menghitung jarak solusi ideal positif dan jarak solusi ideal negatif. Jarak alternatif dihitung dari D_1^+ sampai D_3^+ dan dari D_1^- sampai D_3^- .

Tabel 21 Nilai Jarak Alternatif

| V_i | D_i^+ | D_i^- |
|-------|---------|---------|
| A1 | 0,0470 | 0,4444 |
| A2 | 0,4418 | 0,0980 |
| A3 | 0,3655 | 0,1256 |

Perhitungan Nilai Preferensi Alternatif

Perhitungan dilakukan pada setiap kriteria untuk membandingkan nilai satu dengan yang lain. Setelah didapatkan hasil perhitungan nilai preferensi dan penyeragaman data $V_1 = A_1$, $V_2 = A_2$ dan $V_3 = A_3$, kemudian dilakukan perangkaan untuk alternatif A1 sampai dengan A3.

Tabel 22 Nilai Preferensi Alternatif

| Alternatif | Nilai Preferensi | Ranking |
|------------|------------------|---------|
| A1 | 0,9043 | 1 |
| A2 | 0,1815 | 3 |
| A3 | 0,2557 | 2 |

Hasil dari perhitungan nilai preferensi alternatif bahwa nilai preferensi yang paling tinggi adalah nilai A1 yaitu dengan nilai 0,9043. Sehingga dapat diartikan bahwa yang menjadi solusi paling ideal diantara 3 alternatif yang ada yaitu Melakukan inspeksi dan pengawasan di areal kerja pembuatan batu andesit guna menghindari kecelakaan kerja yang diakibatkan dari tidak digunakannya APD dan memberikan peringatan agar tidak terlalu lama berada didekat mesin jika tidak ada kepentingan mendesak, dilanjutkan dengan A3, dan A2.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Dari evaluasi risiko-risiko kecelakaan kerja menggunakan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) teridentifikasi 25 jenis *failure mode* dampak *failure effect* yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja pada proses pembuatan batu andesit.
2. Penilaian tingkat bahaya dari tiap *failure mode* yang ada sebagai berikut: Tingkat Keseriusan (*severity*), tingkat kemungkinan (*occurrence*), dan pendeteksian (*detection*). Dari 25 *failure mode* yang ada dilakukan perhitungan serta perankingan risiko kecelakaan kerja menggunakan diagram pareto, sehingga diketahui bahwa masalah yang menjadi prioritas pertama adalah risiko kecelakaan kerja (F4) yaitu tingkat kebisingan tinggi yang dihasilkan dari mesing *drilling* dengan nilai *risk priority number* (RPN) sebesar 64. Kedua yaitu terkena *flyrock* ketika *blasting* dengan nilai *risk priority number* (RPN) sebesar 60 dan yang ketiga adalah terhirup debu hancuran batu di area mesin *crushing* dengan nilai *risk priority number* (RPN) sebesar 48.
3. Kemudian pengambilan keputusan menggunakan metode *technique for others reference by similarity to ideal solutions* (TOPSIS). Pengambilan keputusan berdasarkan dari nilai perhitungan metode FMEA, Berikut ini 3 keputusan yang diambil: Pertama, Melakukan inspeksi dan pengawasan di areal kerja pembuatan batu andesit guna menghindari kecelakaan kerja yang diakibatkan dari tidak digunakannya APD dan memberikan peringatan agar tidak terlalu lama berada di sekitar mesin jika tidak ada kepentingan serta membuat display informasi tentang tingginya frekuensi sura mesin. Kedua, Membuat *banner* K3 sebagai penguat dan informasi tentang pentingnya penggunaan APD disekitar lokasi pembuatan batu *split* terutama masker, kacamata dan penutup telinga. dan Ketiga, Membuat batas peringatan jarak yang aman agar terhindar dari *flyrock*.
4. Selanjutnya dilakukan perhitungan alternatif melalui penormalisasian tiap keputusan alternatif, sehingga didapatkan nilai preferensi tertinggi dari 3 keputusan yang ada yaitu sebesar 0,9043 yang berarti keputusan dengan nilai tertinggi inilah yang menjadi solusi paling ideal dan keputusan

ini adalah Melakukan inspeksi dan pengawasan di areal kerja pembuatan batu andesit guna menghindari kecelakaan kerja yang diakibatkan dari tidak digunakannya APD dan memberikan peringatan agar tidak terlalu lama berada di sekitar mesin jika tidak ada kepentingan serta membuat display informasi tentang tingginya frekuensi sura mesin. Sehingga diharapkan dengan dilakukannya inspeksi dan pengawasan dalam bentuk inspeksi penggunaan APD, technical meeting dan membirakn *reward* untuk pekerja yang menerapkan K3 dengan baik. Penenerapan K3 yang baik oleh semua pihak diharapkan mampu mengurangi atau mungkin mampu menghilangkan risiko kecelakaan kerja sehingga terwujudnya *zero accident*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] RAMLI, Soehatman. Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja. 2010.
- [2] BPJS Ketenagakerjaan. 2020. "Jumlah Kecelakaan Kerja di Indonesia Masih Tinggi." Jakarta: Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan.. (<https://www.merdeka.com/uang/kemena-ker-catat-kecelakaan-kerja-di-2020-naik-menjadi-177000-kasus.html>., diakses 5 Mei 2021)
- [3] Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. Quality Press.
- [4] Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., Wardoyo, R., dkk., 2006. Fuzzy Multi Atribut Decision Making (FUZZY MADM). Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [5] Afyati, Y. 2008. Focus Group Discussion (Diskusi Kelompok Terfokus) Sebagai Metode Pengumpulan Data Penelitian Kualitatif. Jurnal Keperawatan Indonesia, 1(12) : 58-62.
- [6] Mulyati, D.S. 2015. Perbaikan Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Seven Quality Control Tools dan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Jurnal. Bandung: Universitas Islam
- [7] Beauregard, Michael R dkk. (2008) The Basics of FMEA. Productivity Inc., United States

- [8] Apriyan, J., Setiawan, H., & Ervianto, W. I. (2017). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Bangunan Gedung Dengan Metode FMEA. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 1(1), 115-123.
- [9] Pillay, A. and Wang, J. 2003. Modified Failure Mode and Effect Analysis Using Approximate Reasoning. *Reliability Engineering & System Safety*.
- [10] Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., Wardoyo, R.,dkk., 2006. Fuzzy Multi Atribut Decision Making (FUZZY MADM). Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [11] Junaidi. 2019 “*Perbaikan SMK3 dengan menggunakan metode FMEA, RCA, TOPSIS pada statiuun proses PT XYZ*”. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Program Sarjana.
- [12] Sumantri, Ade Hery. 2013. “Analisis RPN Terhadap Keandalan Instrumentasi Kompresor Udara Menggunakan Metode FMEA Di PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit II Dumai”. Sains Dan Teknik UIN Suska Riau Pekanbaru.
- [13] WeiJun, H. H. Z. (2008). To Apply on Characteristic Diagram, Pareto Diagram and Stratification of QC Method [J]. *Value Engineering*, 11.
- [14] Wardhani, Safari. 2019 “*Identifikasi dan analisis risiko kecelakaan kerja pada proses pengolahan santan di PT XYZ menggunakan metode FMEA dan TOPSIS*”. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Program Sarjana.
- [15] Rupang, M. A., & Kusnadi, A. (2018). Implementasi Metode Entropy dan Topsis Dalam Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Karyawan Terbaik. *Ultima Computing: Jurnal Sistem Komputer*, 10(1), 13-18.