



SIMULASI PENERAPAN METODE TOPSIS UNTUK PENENTUAN PRIORITAS PERBAIKAN ERGONOMI: STUDI KASUS BERBASIS SIMULASI DATA

SIMULATION OF TOPSIS METHOD APPLICATION FOR DETERMINING ERGONOMIC IMPROVEMENT PRIORITIES: A DATA SIMULATION-BASED CASE STUDY

Fikrihadi Kurnia*, Anak Agung Alit Tradi

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

*Corresponding author

E-mail addresses: fikrihadi@unram.ac.id

<https://doi.org/10.29303/empd.v5n1.323-330>

Received 8 April 2026; Received in revised form 6 May 2026; Accepted 12 May 2026

ABSTRACT

Conventional ergonomic risk evaluations in the manufacturing industry are generally focused solely on posture severity, often leading to management rejecting improvement recommendations due to operational cost and time constraints. This study aims to demonstrate the application of the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method to resolve multi-criteria conflicts between worker safety and corporate financial efficiency. A quantitative descriptive approach was used through data simulation on five alternative workstations evaluated against five criteria: REBA score, NBM score, estimated cost, implementation time, and expected productivity targets. The relative closeness distance computation resulted in the Cutting Station as the main priority for intervention with a preference value of 0.627. This alternative outperformed the Assembly Station (0.463), which actually possessed the highest absolute hazard but demanded the most expensive improvement costs and the longest production downtime. In conclusion, the integration of the TOPSIS algorithm proved effective in transforming hazard assessment metrics into rational investment decisions. This mathematical modeling provides a strategic guide for executive management in designing workspace improvement roadmaps that ensure workers' biological health while maintaining corporate cash flow sustainability.

Keywords: TOPSIS, Ergonomic risk, Occupational safety, Decision making, Manufacturing industry

1. Pendahuluan

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor penggerak utama ekonomi global, namun di sisi lain, sektor ini dihadapkan pada tantangan besar terkait kesehatan dan keselamatan kerja pekerjanya secara berkelanjutan [1]. Proses produksi di lantai pabrik umumnya difokuskan pada pemesinan, perakitan, dan fabrikasi, yang sering kali melibatkan aktivitas fisik berat seperti perakitan komponen secara manual, proses pengelasan, pemotongan material, hingga penanganan dan pemindahan beban berat (*material handling*). Aktivitas-aktivitas industrial tersebut sangat identik dengan tuntutan postur kerja yang tidak alamiah (janggal), pergerakan sendi yang repetitif, serta pengerahan tenaga statis dalam durasi yang panjang [2]. Paparan terhadap faktor-faktor risiko biomekanis ini pada akhirnya menempatkan pekerja manufaktur sebagai demografi yang paling rentan mengalami *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) [3]. MSDs berdampak pada kerugian pekerja secara fisik dan memicu penurunan kualitas hidup akibat nyeri kronis, tetapi juga memberikan implikasi kerugian finansial yang masif bagi

pihak Perusahaan [4]. Oleh karena itu, evaluasi terhadap tingkat bahaya fisik di stasiun kerja telah menjadi urgensi manajerial yang kritis.

Untuk mendeteksi bahaya tersebut, profesional Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) mengandalkan berbagai instrumen pengukuran ergonomi berbasis observasi lapangan. Dua metode analitis yang diakui sangat reliabel adalah *Nordic Body Map* (NBM) dan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA). Kuesioner NBM secara komprehensif digunakan untuk mengidentifikasi sekaligus mengkuantifikasi frekuensi dan keparahan keluhan muskuloskeletal subjektif dari pekerja secara spesifik pada lebih dari 28 titik segmen otot rangka. Di sisi lain, instrumen diagnostik REBA berfungsi mengukur secara dinamis postur kerja keseluruhan mencakup leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki yang kemudian diintegrasikan dengan besaran beban eksternal serta pengerahan tenaga. Akumulasi metrik dari REBA direpresentasikan dalam skala 1 hingga 15, di mana pencapaian skor 11 ke atas memberikan peringatan keras bahwa level risiko berada di zona ekstrem dan memerlukan tindakan perbaikan atau eksekusi instan seketika (*immediate action*). Walaupun metode-metode standar tersebut sangat brilian dalam memotret indikasi tingkat bahaya fisiologis pekerja, terdapat sebuah keterbatasan mendasar ketika praktisi di lapangan berupaya mengonversi temuan tersebut menjadi jadwal tindakan korektif [5, 6].

Kelemahan pendekatan konvensional terletak pada tendensi manajemen untuk memprioritaskan perombakan stasiun kerja hanya berdasarkan nilai risiko tertinggi secara absolut. Pada kenyataan di lantai pabrik, program intervensi ergonomi selalu terbentur oleh dinding kendala operasional organisasi [7]. Keputusan modifikasi sarana kerja yang murni ditujukan pada pemulihan anatomis sering kali mendikte perusahaan untuk mengalokasikan modal investasi yang sangat masif, atau berisiko menghentikan rantai produksi (*downtime*) terlampaui lama yang mengancam *cash flow* [8]. Kondisi tarik-ulur antara orientasi meminimalisir cedera (*Benefit*) dan dorongan membatasi utilisasi sumber daya finansial (*Cost*) ini memunculkan sebuah dilema atau konflik multikriteria yang sulit dieksekusi oleh manajemen eksekutif tanpa adanya matriks kuantitatif.

Untuk menjembatani paradoks antara kepatuhan regulasi keselamatan pekerja dan keberlanjutan bisnis komersial, integrasi metode *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) kini menjadi sebuah terobosan krusial di ranah pemodelan industri manufaktur [3, 6]. Di antara berbagai algoritma yang tersedia, metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) terbukti secara saintifik mampu memecahkan masalah evaluasi keselamatan yang heterogeny [9]. Metode TOPSIS memiliki kapabilitas unik untuk memproyeksikan masalah yang rumit ke dalam kerangka komputasi matematis linear yang lugas. Keistimewaan matematis algoritma ini bersumber dari proses normalisasi jarak vektor Euklidean yang mampu meleburkan berbagai parameter analitis yang tidak sepadan dimensi dan satuannya seperti satuan interval skor REBA, rasio nilai NBM, besaran hari operasional, hingga nominal juta Rupiah menjadi angka koefisien tak berdimensi yang setara secara proporsional. Dengan menetapkan preferensi kedekatan jarak dari solusi ideal positif sekaligus jarak divergensi dari solusi ideal negatif, TOPSIS membantu manajemen menentukan stasiun mana yang menawarkan rasio perbaikan ergonomi tertinggi dengan tingkat pengorbanan modal yang paling minimum [10].

Berdasarkan landasan rasional tersebut, penelitian ini dilaksanakan menggunakan pendekatan permodelan kuantitatif deskriptif. Tujuan esensial dari studi ini adalah untuk mendemonstrasikan secara transparan, sistematis, dan terukur mengenai mekanisme implementasi analisis TOPSIS dalam memformulasikan peringkat prioritas risiko bahaya K3. Karena fokus riset ini adalah pembuktian presisi algoritmik dari metode pengambilan keputusan, penelitian sepenuhnya menggunakan serangkaian data berbasis simulasi. Simulasi metrik ini secara cermat didesain untuk menduplikasi kompleksitas ergonomi faktual di dalam fasilitas pabrik pemesinan manufaktur berat, sehingga parameter pengujian dapat bebas dari distorsi data lapangan namun tetap relevan secara manajerial. Diharapkan, penjabaran dari pemodelan matematis multikriteria ini mampu menjadi rujukan strategis bagi praktisi keselamatan dan manajemen eksekutif dalam menetapkan arah rancangan perbaikan lingkungan pabrik yang komprehensif, sehat secara biologis, namun juga efisien secara korporasi.

2. Bahan dan Metode

2.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan utama untuk mendemonstrasikan penerapan metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) dalam penilaian risiko ergonomi. Berbeda dengan penelitian empiris pada umumnya, studi ini tidak berfokus pada pengujian hipotesis atau generalisasi fenomena lapangan, melainkan pada

pemaparan sistematis mengenai alur analisis TOPSIS sebagai alat bantu pengambilan keputusan multikriteria dalam konteks keselamatan dan kesehatan kerja (K3).

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat simulasi yang dirancang untuk merepresentasikan kondisi umum permasalahan ergonomi di lingkungan industri manufaktur. Penggunaan data simulasi bertujuan untuk memberikan ilustrasi yang jelas dan terkontrol terhadap setiap tahapan analisis, sehingga pembaca dapat memahami mekanisme kerja metode TOPSIS secara komprehensif tanpa dipengaruhi oleh variabilitas data empiris.

2.2. Alat Ukur Risiko Ergonomi

Untuk mendefinisikan kriteria dalam matriks keputusan, penelitian ini mengadopsi dua instrumen ergonomi standar sebagai berikut.

1. *Nordic Body Map* (NBM): Kuesioner pemetaan tubuh yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengkuantifikasi tingkat keparahan keluhan subjektif pekerja pada 28 titik segmen otot rangka (MSDs).
2. *Rapid Entire Body Assessment* (REBA): Sebuah metode diagnostik yang mengevaluasi postur kerja secara keseluruhan (leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki), digabungkan dengan faktor beban yang diangkat serta aktivitas otot. Skor REBA menghasilkan nilai 1 hingga 15, di mana skor 11 ke atas mengindikasikan level risiko sangat tinggi dan menuntut tindakan perbaikan segera (*immediate action*).

2.3. Langkah-langkah Analisis Algoritma TOPSIS

Metode TOPSIS mengonversi masalah evaluasi ergonomi multikriteria menjadi bentuk komputasi matematis linear. Proses analisis TOPSIS dilaksanakan melalui enam tahapan logis dan berurutan sebagai berikut.

- a. Langkah 1: Membangun Matriks Keputusan (X)
Identifikasi serangkaian alternatif stasiun kerja yang dievaluasi (A_i untuk $i = 1, 2, \dots, m$) dan tentukan kriteria penilaian (C_j untuk $j = 1, 2, \dots, n$). Representasikan skor setiap alternatif terhadap masing-masing kriteria ke dalam sebuah matriks keputusan berukuran $m \times n$, di mana elemen x_{ij} merupakan nilai performa dari alternatif ke- i pada kriteria ke- j .
- b. Langkah 2: Menghitung Matriks Keputusan Ternormalisasi (R)
Kriteria dalam evaluasi K3 memiliki unit dan skala yang berlainan (contoh: skor REBA berupa bilangan bulat, sedangkan biaya berupa nilai mata uang). Oleh karena itu, matriks keputusan harus dinormalisasi agar dimensinya seragam dan dapat dibandingkan secara proporsional. TOPSIS menggunakan pendekatan normalisasi vektor dengan rumus jarak Euklidean.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1)$$

- c. Langkah 3: Menghitung Matriks Ternormalisasi Terbobot (Y)
Setiap kriteria memiliki tingkat urgensi yang berbeda. Manajemen K3 akan menetapkan vektor bobot $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ di mana total $\sum w_j = 1$. Matriks ternormalisasi (R) dikalikan dengan bobot tersebut untuk menghasilkan matriks ternormalisasi terbobot (Y).

$$y_{ij} = w_j x r_{ij} \quad (2)$$

- d. Langkah 4: Menentukan Solusi Ideal Positif (A^+) dan Solusi Ideal Negatif (A^-)
Kriteria diklasifikasikan menjadi dua atribut: *Benefit* (Keuntungan, di mana nilai maksimal adalah yang terbaik) dan *Cost* (Biaya, di mana nilai minimal adalah yang terbaik). Dalam konteks prioritas perbaikan K3, stasiun dengan risiko kecelakaan tertinggi dianggap memiliki nilai *Benefit* tertinggi untuk segera diperbaiki, sedangkan kriteria pengeluaran modal finansial dianggap sebagai *Cost*.

Solusi ideal diekstraksi dari nilai ekstrem di setiap kolom matriks Y :

- Solusi Ideal Positif (A^+): Terdiri dari nilai maksimum untuk kriteria *Benefit* dan nilai minimum untuk kriteria *Cost*.
- Solusi Ideal Negatif (A^-): Terdiri dari nilai minimum untuk kriteria *Benefit* dan nilai maksimum untuk kriteria *Cost*.

e. Langkah 5: Menghitung Jarak Solusi (*Separation Measures*)

Hitung jarak spasial n-dimensi antara setiap alternatif evaluasi terhadap Solusi Ideal Positif (D_i^+) dan Solusi Ideal Negatif (D_i^-) menggunakan formula jarak Euklidean.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^+)^2} \quad ; \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad (3)$$

f. Langkah 6: Menghitung Nilai Preferensi / Kedekatan Relatif (V_i)

Tahap akhir adalah menentukan koefisien kedekatan relatif bagi setiap alternatif. Nilai ini menjadi basis pemeringkatan akhir (*ranking*), di mana alternatif dengan nilai asimtotik terbesar (V_i mendekati 1) merupakan stasiun kerja yang paling kritis dan mutlak harus diprioritaskan.

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \quad (4)$$

2.4. Skenario Studi Kasus Ergonomi

Untuk mendemonstrasikan metode TOPSIS, sebuah studi kasus dilakukan di sebuah pabrik manufaktur pemesinan dan perakitan logam berat. Pabrik ini memiliki lima stasiun kerja utama yang dicurigai sebagai penyumbang terbesar insiden MSDs. Kelima alternatif tersebut sebagai berikut.

- A1: Stasiun Pengelasan (*Welding*)
- A2: Stasiun Pemotongan (*Cutting*)
- A3: Stasiun Perakitan (*Assembling*)
- A4: Stasiun Pengemasan Manual (*Manual Packaging*)
- A5: Stasiun Pemindahan Material (*Material Handling*)

Tim K3 menetapkan 5 kriteria utama untuk mengevaluasi urgensi perbaikan ergonomi sebagai berikut.

- C1: Skor REBA (Atribut *Benefit*). Semakin tinggi skor, postur semakin berbahaya, sehingga semakin mendesak untuk diperbaiki. Skala 1-15.
- C2: Skor NBM rata-rata pekerja (Atribut *Benefit*). Representasi keluhan nyeri aktual. Semakin tinggi skor, semakin prioritas. Skala 0-100.
- C3: Biaya Perbaikan / Rekayasa Stasiun Kerja (Atribut *Cost*). Diukur dalam satuan juta Rupiah. Semakin rendah biaya yang diperlukan, semakin mudah disetujui manajemen.
- C4: Waktu Implementasi Perbaikan (Atribut *Cost*). Diukur dalam satuan hari. Waktu henti produksi (*downtime*) yang lebih singkat lebih disukai.
- C5: Peningkatan Produktivitas yang Diharapkan (Atribut *Benefit*). Estimasi peningkatan persentase kecepatan *output* pasca-perbaikan. Skala 1-10.

Bobot preferensi strategis (W) yang disepakati oleh dewan direksi untuk kriteria C1, C2, C3, C4, dan C5 secara berurutan adalah: 30% (0.30), 25% (0.25), 20% (0.20), 15% (0.15), dan 10% (0.10).

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data simulasi yang disusun untuk merepresentasikan kondisi umum penilaian risiko ergonomi di lingkungan kerja. Nilai pada setiap kriteria diperoleh melalui pendekatan ilustratif yang mengacu pada prosedur penilaian ergonomi, meliputi estimasi skor REBA berdasarkan analisis postur kerja, skor *Nordic Body Map* (NBM) sebagai representasi keluhan muskuloskeletal, serta asumsi biaya dan waktu implementasi perbaikan dari perspektif manajerial. Berdasarkan konstruksi data tersebut, disusun matriks keputusan awal (*decision*

matrix) yang menggambarkan kinerja masing-masing alternatif stasiun kerja terhadap seluruh kriteria yang digunakan dalam analisis TOPSIS.

Tabel 1 Matriks keputusan awal penilaian ergonomi (X)

Alternatif stasiun kerja	C1 (REBA)	C2 (NBM)	C3 (Biaya)	C4 (Waktu)	C5 (Produktivitas)
A1 (Pengelasan)	11	75	45	7	8
A2 (Pemotongan)	9	60	30	5	7
A3 (Perakitan)	12	82	65	12	9
A4 (Pengemasan)	7	45	15	3	5
A5 (Pemindahan)	10	68	80	14	8

Keterangan Atribut: C1 (Benefit), C2 (Benefit), C3 (Cost), C4 (Cost), C5 (Benefit).

3.1. Langkah 1 & 2: Normalisasi Matriks Keputusan

Menggunakan persamaan normalisasi vektor Euklidean, setiap elemen pada Tabel 1 dibagi dengan akar kuadrat dari jumlah kuadrat masing-masing kolomnya. Matriks ternormalisasi (R) yang dihasilkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Normalisasi matriks keputusan (R)

Alternatif	C1 (Benefit)	C2 (Benefit)	C3 (Cost)	C4 (Cost)	C5 (Benefit)
A1	0.494	0.495	0.400	0.354	0.473
A2	0.404	0.396	0.266	0.253	0.414
A3	0.539	0.541	0.578	0.607	0.532
A4	0.314	0.297	0.133	0.151	0.295
A5	0.449	0.449	0.711	0.708	0.473

Untuk memperjelas proses normalisasi matriks keputusan menggunakan metode vektor Euklidean, dapat ditunjukkan contoh perhitungan pada alternatif A1 untuk kriteria C1. Nilai awal skor REBA pada A1 adalah 11, kemudian dinormalisasi dengan membagi nilai tersebut terhadap akar kuadrat jumlah kuadrat seluruh elemen pada kolom C1 = 22.25, sehingga diperoleh nilai normalisasi sebesar 0,494. Perhitungan ini dirumuskan sebagai berikut.

$$r_{11} = \frac{11}{\sqrt{11^2 + 9^2 + 12^2 + 7^2 + 10^2}} = \frac{11}{22.5} = 0.494$$

3.2. Langkah 3: Matriks Ternormalisasi Terbobot (Y)

Setiap elemen dari matriks R dikalikan dengan vektor bobot prioritas $W = \{0.30, 0.25, 0.20, 0.15, 0.10\}$. Sebagai contoh $y_{11} = r_{11} \times w_1 = 0.494 \times 0.30 = 0.148$.

Tabel 3 Matriks ternormalisasi terbobot (Y)

Alternatif	C1 (w ₁ =0.30)	C2 (w ₂ =0.25)	C3 (w ₃ =0.20)	C4 (w ₄ =0.15)	C5 (w ₅ =0.10)
A1	0.148	0.123	0.080	0.053	0.047
A2	0.121	0.099	0.053	0.038	0.041
A3	0.161	0.135	0.115	0.091	0.053
A4	0.094	0.074	0.026	0.022	0.029
A5	0.134	0.112	0.142	0.106	0.047

3.3. Langkah 4: Penentuan Solusi Ideal Positif dan Negatif

Berdasarkan jenis atribut, nilai ideal positif (A^+) mengambil nilai maksimum untuk C1, C2, C5 dan nilai minimum untuk C3, C4. Sebaliknya untuk ideal negatif (A^-).

- Solusi Ideal Positif (A^+) = {0.161, 0.135, 0.026, 0.022, 0.053}
- Solusi Ideal Negatif (A^-) = {0.094, 0.074, 0.142, 0.106, 0.029}

3.4. Langkah 5 & 6: Perhitungan Jarak Euklidean dan Nilai Preferensi

Berdasarkan formula Euklidean n-dimensi, jarak setiap stasiun kerja terhadap Solusi Ideal Positif (D^+) dan Solusi Ideal Negatif (D^-) dihitung, disusul dengan kalkulasi nilai koefisien kedekatan relatif (V_i) untuk menyusun peringkat prioritas akhir tindakan ergonomi.

Tabel 4 Hasil akhir kalkulasi jarak TOPSIS dan peringkat prioritas

Alternatif stasiun kerja	Jarak ke ideal positif (D^+)	Jarak ke ideal Negatif (D^-)	Nilai preferensi (V_i)	Peringkat prioritas
A1 (Pengelasan)	0.065	0.099	0.603	2
A2 (Pemotongan)	0.063	0.106	0.627	1
A3 (Perakitan)	0.111	0.096	0.463	4
A4 (Pengemasan)	0.095	0.142	0.599	3
A5 (Pemindahan)	0.146	0.059	0.287	5

Catatan: Peringkat 1 menandakan stasiun kerja yang paling kritis dan optimal secara kelayakan sumber daya untuk diberikan intervensi ergonomi terlebih dahulu.

3.5. Analisis Pemeringkatan Prioritas Intervensi Ergonomi

Berdasarkan hasil kalkulasi nilai preferensi (V_i) pada tahap akhir analisis TOPSIS, stasiun pemotongan (A2) menempati peringkat prioritas pertama dengan nilai 0,627, disusul oleh stasiun pengelasan (A1) di peringkat kedua dengan nilai 0,603. Temuan komputasi ini sangat menarik dan secara langsung mendemonstrasikan fungsi esensial dari metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) dalam pengambilan keputusan yang kompleks. Jika evaluasi lapangan hanya didasarkan pada tingkat risiko absolut sebagaimana praktik konvensional dalam penilaian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) maka stasiun perakitan (A3) yang memiliki skor REBA tertinggi (12) dan keluhan NBM tertinggi (82) seharusnya ditetapkan sebagai prioritas utama. Namun, algoritma matematis TOPSIS justru menempatkan alternatif A3 pada peringkat keempat ($V_i = 0,463$). Anomali pemeringkatan ini terjadi karena stasiun A3 membutuhkan investasi biaya perbaikan yang terlampaui tinggi ($C3 = 65$ juta) dan memakan waktu henti produksi yang sangat lama ($C4 = 12$ hari). Sebaliknya, alternatif A2 menawarkan rasio keseimbangan yang paling optimal; meskipun risiko ergonominya berada pada tingkat sedang hingga tinggi (REBA 9, NBM 60), stasiun ini menuntut intervensi biaya dan waktu yang jauh lebih minimal ($C3 = 30$ juta, $C4 = 5$ hari). Jarak alternatif A2 terhadap Solusi Ideal Positif (D^+) sangat dekat yaitu 0,063, menjadikannya pilihan paling logis untuk dieksekusi. Pendekatan analitis ini sejalan dengan penelitian Ramos et al., (2020), yang menyimpulkan bahwa intervensi ergonomi di sektor manufaktur seringkali mengalami kegagalan implementasi karena perancangannya murni berfokus pada anatomi tubuh tanpa mempertimbangkan batasan finansial perusahaan. Metode ini berhasil mengidentifikasi A2 sebagai sasaran intervensi dengan *effort* rendah namun mampu memberikan dampak penyelesaian masalah yang signifikan secara manajerial.

Dalam kerangka kerja studi simulasi ini, desain matriks keputusan menggabungkan kriteria risiko (Atribut *Benefit*) dengan bobot preferensi strategis dominan sebesar 55% ($C1$ 30% dan $C2$ 25%). Di sisi lain, kriteria kendala sumber daya (Atribut *Cost*) diberikan alokasi bobot sebesar 35% ($C3$ 20% dan $C4$ 15%). Hasil akhir pemeringkatan secara empiris membuktikan bahwa meskipun keselamatan dan kesehatan pekerja tetap dipertahankan sebagai prioritas utama secara persentase matematis, algoritma ini sama sekali tidak mengabaikan kelayakan operasional pabrik. Stasiun pemindahan material (A5), meskipun diidentifikasi memiliki skor risiko postur yang cukup tinggi (REBA 10), terpaksa menempati peringkat paling buncit atau terakhir ($V_i = 0,287$) karena stasiun ini membutuhkan serapan anggaran terbesar (80 juta) serta memicu *downtime* terlama (14 hari) dibandingkan stasiun lainnya. Penggunaan formula jarak Euklidean n-dimensi terhadap solusi ideal positif dan negatif pada langkah kelima secara presisi mampu mengkuantifikasi *trade-off* atau tarik-ulur antar kriteria ini. Keputusan kuantitatif yang dihasilkan berperan penting dalam menjembatani kesenjangan komunikasi antara praktisi K3 dan jajaran manajemen puncak. Praktisi ergonomi umumnya merekomendasikan perombakan stasiun kerja secara total yang ideal secara teoretis, sementara manajemen senantiasa berfokus pada efisiensi *cash flow* dan

keberlanjutan proses produksi. Merujuk pada pandangan Fasya, (2024), integrasi *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) dalam ekosistem K3 mampu mentransformasi rekomendasi perbaikan ruang kerja dari sekadar "tuntutan kepatuhan keselamatan" menjadi bentuk "keputusan investasi strategis" yang dapat dijustifikasi secara rasional dan ekonomi.

Instrumen penilaian ergonomi standar seperti *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dan *Nordic Body Map* (NBM) pada hakikatnya beroperasi sebagai alat diagnostik observasional tunggal. Keduanya terbukti sangat mutakhir untuk memotret level keparahan postur kerja dan memetakan keluhan otot rangka secara subjektif, namun metode tersebut sama sekali tidak dirancang secara algoritmik untuk memecahkan konflik multikriteria. Di sinilah letak urgensi fundamental dari adopsi metode TOPSIS yang didemonstrasikan dalam pemodelan ini. Keunggulan analitis paling krusial dari algoritma TOPSIS terletak pada kemampuannya melakukan normalisasi matriks. Mengingat skor REBA (dengan rentang skala 1-15), nilai NBM (skala 0-100), dan nominal Biaya (dalam satuan jutaan rupiah) memiliki unit ukur dan dimensi skala yang sama sekali berbeda, upaya membandingkannya secara langsung dan linier adalah suatu kesalahan matematis. Persamaan normalisasi vektor Euklidean yang dieksekusi pada tahap kedua berhasil mereduksi seluruh disparitas dimensi tersebut menjadi matriks tak berdimensi. Langkah komputasi ini memungkinkan perbandingan yang setara dan presisi antar variabel kriteria yang bertolak belakang. Keandalan ini turut dikonfirmasi oleh temuan literatur dari Wahyuddin dkk. yang membuktikan bahwa algoritma TOPSIS memiliki tingkat stabilitas pemeringkatan yang jauh lebih tinggi serta meminimalisir fenomena *rank reversal* (perubahan urutan prioritas saat kriteria dimodifikasi) apabila dikomparasikan dengan metode sistem pendukung keputusan klasik lainnya di lingkungan industri yang dinamis [13].

Pemaparan alur analitis yang sistematis pada simulasi ini secara komprehensif memberikan *blueprint* bagi manajer pabrik, insinyur teknik industri, maupun ahli K3 profesional untuk mulai mengadopsi pola pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*). Fasilitas manufaktur skala menengah yang seringkali terbentur oleh keterbatasan modal kapital kini memiliki kapabilitas untuk merancang peta jalan (*roadmap*) perbaikan kualitas ergonomi secara bertahap dan terukur. Area kerja dengan nilai preferensi kedekatan relatif terbesar (seperti stasiun A2 dan A1) dapat segera direalisasikan pada kuartal awal siklus anggaran, sementara area dengan kebutuhan investasi kapital masif seperti stasiun A3 dan A5 dapat diproyeksikan ke dalam rencana strategis jangka menengah perusahaan. Namun demikian, penting untuk digarisbawahi bahwa karena desain studi ini dibangun sepenuhnya menggunakan basis data simulasi, pemodelan ini membutuhkan validasi empiris lanjutan. Untuk arah studi di masa mendatang, sangat direkomendasikan agar model matematis TOPSIS ini diaplikasikan langsung menggunakan ekstraksi data *real-time* di lantai produksi [8]. Di samping itu, penggabungan algoritma ini dengan metode pembobotan kriteria yang terbebas dari bias subjektif, seperti *Analytical Hierarchy Process* (AHP) atau metode *Entropy*, dapat dipertimbangkan untuk menciptakan arsitektur model pengambilan keputusan ergonomi hibrida yang jauh lebih tangguh dan komprehensif.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) berhasil diimplementasikan secara komprehensif sebagai sistem pendukung keputusan yang presisi untuk menentukan prioritas intervensi risiko ergonomi. Pengujian algoritmik membuktikan bahwa TOPSIS mampu menjembatani konflik antara kepentingan keselamatan pekerja dan keterbatasan sumber daya manajerial dengan cara memadukan kriteria kebermanfaatan (*benefit*) seperti tingginya skor REBA dan keluhan NBM, dengan kriteria kendala (*cost*) seperti pembatasan anggaran finansial dan waktu henti produksi. Keandalan metode ini secara empiris dibuktikan dari penetapan Stasiun Pemotongan (A2) sebagai sasaran prioritas utama perbaikan dengan nilai preferensi tertinggi sebesar 0,627 karena menawarkan rasio keseimbangan yang paling optimal, dibandingkan Stasiun Perakitan (A3) yang memiliki risiko absolut tertinggi namun mensyaratkan biaya perbaikan yang sangat masif. Pemodelan matematis multikriteria ini dapat diandalkan oleh jajaran manajemen dan praktisi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam merancang program perbaikan lingkungan manufaktur yang mengutamakan pemulihan fisik pekerja tanpa mengorbankan stabilitas arus kas dan efisiensi operasional perusahaan.

Daftar Pustaka

- [1] X. Jin, Ergonomic interventions to improve musculoskeletal disorders among vehicle assembly workers: a one-year longitudinal study, *BMC Public Health*, 25 (1) (2025) 824.
- [2] I. Ruwana, N. Sigit, Ergonomic analysis using the REBA method on worker posture in the sorting section at a lightweight brick company, *J. Technol. Educ. Res.*, 3 (4) (2025) 761–774.
- [3] A. Colim, Lean manufacturing and ergonomics integration: defining productivity and wellbeing indicators in a human–robot workstation, *Sustainability*, 13 (4) (2021) 1931.
- [4] L. Widodo, Adiarto, Yenita, C. Ruslie, Ergonomic analysis by using REBA, WERA and biomechanics method in the production process of women’s bags in small industry (SME), *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 1007 (1) (2020) 012088.
- [5] A. Zenginoğlu, Y. Kuvvetli, An uncertainty-aware ergonomic risk assessment framework using interval-valued fermatean fuzzy sets and hybrid MCDM, *Sci. Rep.*, (2026).
- [6] M. Khandan, M. Nili, A. Koohpaei, S. Mosaferchi, Integrating the ergonomics techniques with multi criteria decision making as a new approach for risk management: an assessment of repetitive tasks-entropy case study, *J. Res. Health Sci.*, 16 (2) (2016) 85–9.
- [7] J. Tabor, A grey-based decision-making approach to the improvement of ohs management system, *Polish J. Manag. Stud.*, 18 (1) (2018) 389–402.
- [8] A. Jasińska, M. Sydor, Integration of multi-criteria decision-making and dimensional entropy minimization in furniture design, *Information*, 16 (8) (2025) 692.
- [9] F. Ecer, Multi-criteria decision making for green supplier selection using interval type-2 fuzzy AHP: a case study of a home appliance manufacturer, *Oper. Res.*, 22 (1) (2022) 199–233.
- [10] E.K. Zavadskas, Z. Turskis, Multiple criteria decision making (mcdm) methods in economics: an overview / daugiatiksliai sprendimų priėmimo metodai ekonomikoje: apžvalga, *Technol. Econ. Dev. Econ.*, 17 (2) (2011) 397–427.
- [11] D. Ramos, P. Afonso, R. Costa, Cost-benefit analysis of occupational health and safety: a case study, *Occupational and Environmental Safety and Health II*, (2020) 689–695.
- [12] M.K. Fasya, Prioritas strategi kesehatan dan keselamatan kerja (K3) menggunakan metode SAW dan TOPSIS pada PT PLN Nusantara Power UP Muara Tawar, *Jupiter Publ. Ilmu Keteknikan Ind. Tek. Elektro dan Inform.*, 2 (4) (2024) 259–274.
- [13] Wahyuddin, A.K. Kautsar, D. Darpi, S. Nurhayati, Komparasi metode simple additive weighting, weight product dan topsis dalam penentuan keputusan, *J. Ris. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.*, 7 (3) (2025) 788–797.