

## Implementasi *Fuzzy Analytic Network Process* Untuk Menentukan Prioritas Perbaikan *Safety Performance* pada Perusahaan Manufaktur

Nuruddin Hamid<sup>1</sup>, Adithya Sudiarno<sup>2</sup>

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

hamidnuruddin@gmail.com adithya.sudiarno@gmail.com

### ABSTRACT

*Workplace safety is a top priority for business continuity, particularly in industries with high accident risks. Every company is responsible for ensuring a safe work environment for all employees. Failing to implement an effective safety system can be detrimental, impacting not only worker safety and health but also the company's reputation. Field data from PT. X reveals anomalies in safety performance over the last five semesters (2022–2024), as evidenced by unmet zero accident Key performance indicator (KPI) targets. This study aims to establish priorities for safety performance improvement based on criteria such as safety leadership, safety participation, safety climate, and safety knowledge, and to evaluate solutions for employees, outsourcing, or contractors to achieve zero accident KPI or improved safety performance. The Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach is utilized to identify prioritized alternative solutions for enhancing safety performance. The findings of this study reveal that the highest weighted criterion for safety performance improvement is safety leadership (0.123962), followed by safety knowledge (0.110077), safety participation (0.097962), and safety climate (0.067998). In terms of the worker categories targeted for improvement, employees—who are the primary resources responsible for operations and must possess high competence and motivation in implementing safety standards—received the highest weight (0.146306), followed closely by outsourcing workers (0.145482) and contractors (0.108211). The application of the fuzzy ANP method produces prioritized safety performance improvements based on multiple criteria, allowing these recommendations to be utilized by PT. X management for effective resource management. Furthermore, it is recommended to develop an action plan and monitor gaps after implementing the recommendations.*

**Keywords:** *FANP, Safety Climate, Safety Knowledge, Safety Leadership, Safety Participation, Zero Accident*

### ABSTRAK

Keselamatan kerja merupakan prioritas utama dalam keberlangsungan perusahaan, terutama dalam industri yang memiliki risiko tinggi terhadap kecelakaan kerja. Setiap perusahaan bertanggung jawab untuk memastikan bahwa lingkungan kerjanya aman bagi seluruh pekerja. Kegagalan dalam penerapan sistem keselamatan yang efektif dapat berakibat fatal yaitu tidak hanya bagi keselamatan dan kesehatan pekerja namun juga reputasi perusahaan secara keseluruhan. Permasalahan yang didapatkan dari data lapangan PT. X menjelaskan bahwa terjadi anomali pencapaian *safety performance* pada 5 semester terakhir di tahun 2022 sampai 2024 yang dibuktikan dengan pencapaian *Key Performance Indicator* (KPI) *zero accident* yang tidak tercapai. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan prioritas perbaikan *safety performance* yang harus dilaksanakan berdasarkan kriteria *safety leadership*, *safety participation*, *safety climate*, dan *safety knowledge* pada pekerja yang meliputi

karyawan, *outsourcing*, atau kontraktor, sehingga dapat mencapai target KPI *zero accident* atau perbaikan *safety performance*. Adapun metode penyelesaiannya menggunakan pendekatan *Fuzzy Analytic Network Process* (FANP) sehingga dapat diperoleh prioritas solusi untuk perbaikan *safety performance*. Hasil dari penelitian ini didapatkan prioritas perbaikan *safety performance* dengan bobot kriteria tertinggi yaitu *safety leadership* (0.123962), disusul dengan *safety knowledge* (0.110077), *safety participation* (0.097962), dan *safety climate* (0.067998). Sedangkan pada alternatif pekerja yang menjadi fokus untuk perbaikan adalah karyawan yang notabeneanya merupakan sumber daya utama yang menjalankan operasional agar memiliki kompetensi dan motivasi tinggi dalam menerapkan standar keselamatan dengan nilai bobot 0.146306, disusul dengan pekerja *outsourcing* (0.145482), dan kontraktor (0.108211). Hasil penggunaan metode *fuzzy ANP* didapatkan prioritas perbaikan *safety performance* dengan mempertimbangkan aspek multi kriteria, sehingga usulan tersebut dapat digunakan untuk memberikan rekomendasi bagi manajemen PT. X terkait pengelolaan sumber daya secara efektif serta saran agar melakukan *action plan* dan pemantauan gap setelah hasil rekomendasi diaplikasikan.

**Kata kunci**—FANP, *Safety Climate*, *Safety Knowledge*, *Safety Leadership*, *Safety Participation*, *Zero Accident*

## PENDAHULUAN

Kesejahteraan tenaga kerja dalam suatu negara dapat diukur dengan tingkat kecelakaan kerja. Komitmen negara dalam kesejahteraan pekerja ditunjukkan dengan regulasi yang ketat, pengawasan yang kuat, dan penerapan standar keselamatan yang baik. Menurut Undang-Undang Dasar 1945 Pasal 27 Ayat 2 menyatakan bahwa setiap warga negara berhak atas pekerjaan dan penghidupan yang layak. Hal ini juga termasuk aspek keselamatan kerja yang merupakan bagian dari hak pekerja untuk memperoleh lingkungan kerja yang aman. Dalam Undang-Undang (UU) No. 6 Tahun 2023 Pasal 86 juga menegaskan bahwa hak keselamatan dan kesehatan kerja yang sejalan dengan UU No. 13 Tahun 2003 bahwa setiap pekerja berhak atas perlindungan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk menjamin keselamatan dan kesehatannya selama bekerja. Menteri Ketenagakerjaan juga mengeluarkan aturan Permenaker No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja yang mengatur tentang standar K3 di lingkungan kerja, termasuk pengendalian faktor fisik, kimia, dan biologis yang dapat memengaruhi kesehatan pekerja. Keselamatan kerja merupakan prioritas utama dalam keberlangsungan perusahaan, terutama dalam industri yang memiliki risiko tinggi terhadap kecelakaan kerja. Setiap perusahaan bertanggung jawab untuk memastikan bahwa lingkungan kerjanya aman bagi seluruh pekerja. Kegagalan dalam penerapan sistem keselamatan yang efektif dapat berakibat fatal yaitu tidak hanya bagi keselamatan dan kesehatan pekerja namun juga reputasi perusahaan secara keseluruhan.

Penelitian sebelumnya di PT. X telah dilakukan oleh (Bauzir & Agustina, 2024a) yang menunjukkan bahwa *safety leadership* dan *safety climate* berpengaruh signifikan terhadap *safety participation*, dengan *safety knowledge* memainkan peran

penting dalam memperkuat hubungan tersebut. Penelitian tersebut berkontribusi pada teori dan praktik manajemen keselamatan kerja namun belum menunjukkan prioritas solusi dari kriteria yang dihubungkan, sehingga pada penelitian kali ini lebih fokus untuk menggali dan menemukan prioritas solusi untuk perbaikan *safety performance* dimana pada *key performance indicator* (KPI) *safety* pada 5 semester (data diolah di semester 2 tahun 2024) terakhir tidak mampu mencapai target karena masih adanya *accident*. Pada penelitian ini penentuan prioritas solusi dilakukan dengan menggunakan metode *Multi Criteria Decision Making* (MCDM). Mempertimbangkan kompleksitas permasalahan, adanya hubungan timbal balik, serta untuk mengatasi masalah subjektifitas dan ketidakpastian dalam penilaian, maka dalam hal ini penulis memutuskan untuk menggunakan metode *fuzzy ANP* yang mana dari setiap kriteria akan dilakukan *pairwise comparison* yang dikonversikan dalam *fuzzy number*, sehingga ditemukan hasil kriteria mana yang paling penting di antara kriteria-kriteria tersebut. Hasil penilaian digunakan sebagai penentuan prioritas solusi bagi PT. X untuk memperbaiki *safety performance* utamanya dalam mewujudkan target KPI *zero accident*.

## TINJAUAN LITERATUR

### Analytic Network Process (ANP)

*Analytic Network Process* (ANP) merupakan salah satu MCDM metode yang diusulkan oleh Saaty. ANP adalah metode analitis yang digunakan untuk membuat keputusan yang melibatkan banyak kriteria atau faktor yang ditandai dengan tingkat kompleksitas yang tinggi. Kerangka kerja ANP mencakup saling ketergantungan di antara kedua elemen dalam komponen internal (*internal dependence*) dan saling ketergantungan antar elemen di seluruh eksternal komponen (ketergantungan luar). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Saaty, representasi skala rasio matriks ini dapat membantu proses pengambilan keputusan dan perencanaan strategi karena lebih mudah untuk memahami interaksi antar elemen. Metode ini digunakan dalam bentuk penyelesaian dengan pertimbangan atas penyesuaian kompleksitas masalah secara penguraian sintesis disertai adanya skala prioritas yang menghasilkan pengaruh prioritas terbesar. ANP juga mampu menjelaskan model faktor-faktor *dependence* serta *feedback*-nya secara sistematis.

### Fuzzy ANP

*Fuzzy Logic* adalah pendekatan yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam pengambilan keputusan. Konsep ini diperkenalkan oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1965 yang mengembangkan teori himpunan *fuzzy*. Dalam konteks pengambilan keputusan, *fuzzy logic* memungkinkan penggunaan nilai yang tidak pasti dan memberikan representasi yang lebih baik terhadap preferensi manusia (Zadeh, 1965). *Fuzzy ANP* menggabungkan ANP dengan logika *fuzzy* untuk menangani ketidakpastian dalam penilaian kriteria dan sub-kriteria. Dalam *Fuzzy ANP*, perbandingan berpasangan dilakukan dengan

menggunakan bilangan *fuzzy* yang memungkinkan pengambil keputusan untuk memberikan penilaian yang lebih realistis dan fleksibel. Hal ini sangat berguna dalam situasi di mana informasi yang tersedia tidak pasti atau ambigu (Galankashi et al., 2013). Hal inilah yang menjadi pertimbangan penggunaan MCDM *Fuzzy ANP* untuk penentuan prioritas perbaikan *safety performance* pada perusahaan manufaktur. Dalam *Fuzzy ANP*, matriks perbandingan berpasangan dibangun menggunakan bilangan *Triangular Fuzzy Number (TFN)*. Setiap elemen dalam matriks ini mewakili derajat preferensi antara dua elemen. Proses ini melibatkan penilaian oleh para ahli dan menghasilkan matriks yang mencerminkan ketidakpastian dalam penilaian (Chang, 1996). TFN mewakili 3 parameter yaitu nilai rendah (*l*), nilai tengah (*m*), dan nilai tinggi (*u*). Jika terdapat 2 positif TFN  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  dan  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ , kemungkinan bahwa  $M_1 \geq M_2$  sebagai berikut:

$$V(M_1 \geq M_2) = \begin{cases} 1, & (m_1 \geq m_2) \\ \frac{l_2 - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)}, & (m_1 < m_2, l_2 \leq u_1) \\ 0, & \text{others} \end{cases} \quad 2-1$$

Sedangkan derajat komprehensif *fuzzy* dapat diperoleh menggunakan rumus berikut:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{D_i}^j \times [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{D_i}^j]^{-1} \quad 2-2$$

Dimana:

$S_i$  : *Synthesis Fuzzy Value*

$M$  : TFN

$i$  : *Row Index*

$j$  : *Column Index*

Model pengambilan keputusan dapat dijabarkan sebagai berikut (Wu, 2013):

1. Identifikasi target yang akan dipenuhi.
2. Bandingkan indikator evaluasi secara berpasangan dan buat matriks penilaian *fuzzy A* menggunakan *triangular fuzzy numbers*.
3. Hitung derajat komprehensif *fuzzy*  $S_i$ .
4. Hitung derajat probabilitas bahwa  $A_i$  lebih penting dibanding elemen lain, yang dapat dicatat sebagai  $d'(A_i): d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_j)$
5. Normalisasi  $W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$  dan dapatkan vektor bobot  $W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$
6. Perhitungan nilai komprehensif menggunakan persamaan berikut:

$$CV_i = \sum_{j=1}^n W_j U_{ij} \quad 2-3$$

Dimana:

$W_j$  : Vektor bobot dari faktor ke- $j$ ,

$U_{ij}$  : Skor rata-rata dari penilaian para pengambil keputusan terhadap skema  $i$  pada faktor ke- $j$ .

**METODE PENELITIAN**

Langkah awal pada penelitian ini dilakukan identifikasi masalah yang dimulai dari ditemukannya kondisi ketidaktercapaian KPI *safety performance (zero accident)* pada 5 semester terakhir pada PT. X. Selanjutnya dilakukan tinjauan pustaka dasar teori untuk mencari referensi kriteria-kriteria yang berpengaruh pada *safety performance*. Berdasarkan referensi kelebihan dan kekurangan dan kesesuaian metode untuk mengatasi suatu permasalahan, FANP dipilih untuk penentuan prioritas perbaikan *safety performance* di PT. X.

**Tahap Penentuan Kriteria, Sub Kriteria, dan Alternatif Solusi**

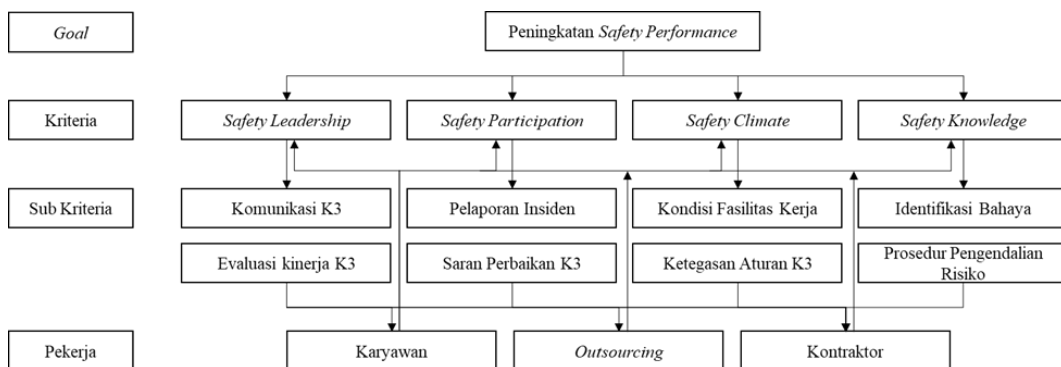
Lanjutan dari tahap tinjauan pustaka yaitu melakukan penentuan kriteria, sub kriteria, dan alternatif solusi untuk perbaikan *safety performance* di PT. X. Berdasarkan hasil tinjauan pustaka dan studi lapangan ditemukan beberapa kriteria dan sub kriteria yang berpengaruh terhadap *safety performance* sebagai berikut:

- *Safety leadership*: sub kriteria komunikasi K3 dan evaluasi kinerja K3
- *Safety participation*: sub kriteria pelaporan insiden, dan saran perbaikan K3
- *Safety climate*: sub kriteria kondisi fasilitas kerja dan ketegasan aturan K3
- *Safety knowledge*: Identifikasi bahaya dan prosedur pengendalian risiko

Dari kriteria dan sub kriteria di atas dihubungkan dengan alternatif pekerja pada PT. X yaitu karyawan, *outsourcing*, dan kontraktor

**Tahap Pembangunan Model Jaringan FANP**

Setelah penentuan kriteria, sub kriteria, dan alternatif solusi, maka perlu dibuat model jaringan FANP seperti Gambar 3.2 di bawah ini.



**Gambar 1. Model Jaringan FANP**

### **Tahap Pengumpulan Data dan Penentuan Bobot Kriteria**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dan penentuan bobot masing-masing kriteria, sub kriteria dan alternatif yang dinilai oleh seorang *expert* di bidang *safety performance* melalui kuesioner. Total kuesioner sejumlah 18 dengan sebaran kuesioner kepada 2 regulator *safety* pada PT. X, 4 *expert* dari *safety center*, 4 Badan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (BK3) seksi, 4 *safety police* dari *outsourcing*, dan 4 *safety* kontraktor. Sehingga setelah kuesioner dinilai oleh *expert* didapatkan *pairwise comparison* setiap kriteria yang selanjutnya dicantumkan dalam *decision matrix*. Hasil *pairwise comparison* kuesioner dikonversi menjadi TFN yang kemudian dilakukan perhitungan rata-rata TFN dan defuzzifikasi yang selanjutnya dilakukan normalisasi bobot.

### **Tahap Pengolahan Data**

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung *unweighted supermatrix*, *weighted supermatrix*, dan limit *matrix* yang sebelumnya sudah dilakukan uji konsistensi untuk melihat keakuratan nilai *judgement* yang diberikan oleh *expert*, dengan standar *consistency ratio* tidak lebih dari 10% ( $CR < 0.01$ ). Pemrosesan data dengan membandingkan bobot dari setiap kriteria, sub kriteria, dan alternatif pekerja sehingga didapatkan *ranking* alternatif solusi perbaikan *safety performance* yang seharusnya dilakukan terlebih dahulu.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penilaian yang objektif menjadi hal yang penting dalam proses penentuan bobot menggunakan metode *fuzzy ANP*, sehingga sebelum dilakukan penilaian oleh para *expert*, terlebih dahulu dilakukan pemaparan *history* terjadinya *accident* di PT. X oleh tim *safety center* dimulai dari klasifikasi pekerjaannya (*chemical work, electrical work, hot work, working at height, confined space, lifting*), pekerjaannya (karyawan, *outsourcing*, kontraktor), kronologi, penyebab, dan pengulangannya sebagai referensi bagi para responden untuk mengisi kuesioner sesuai dengan kondisi terbaru di PT. X. Kemudian dilakukan sosialisasi berkaitan dengan penggunaan skala kepentingan yang dikembangkan oleh Thomas Saaty. Skala ini berkisar dari 1 hingga 9, di mana angka 1 menunjukkan bahwa dua elemen memiliki tingkat kepentingan yang sama, sedangkan angka 9 menunjukkan bahwa satu elemen sangat mutlak lebih penting dibandingkan elemen lainnya. Interpretasi nilai skala ini sangat penting dalam proses pembobotan karena memberikan dasar yang jelas dan terukur untuk menentukan bobot relatif antar elemen. Skala ini membantu menghindari penilaian yang terlalu ekstrem atau subjektif, sehingga hasil pembobotan menjadi lebih konsisten dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Selain itu, penggunaan skala ini memungkinkan para *expert* untuk mengekspresikan preferensi mereka dengan tingkat detail yang memadai, sehingga pada akhirnya meningkatkan kualitas dan validitas model keputusan yang dibangun.

**Hasil Kuesioner Kriteria**

Pemilihan kriteria didasarkan pada sejumlah referensi literatur, dimana pada penelitian sebelumnya dilakukan pada perusahaan yang sama yaitu PT. X, (Bauzir & Agustina, 2024) mencari hubungan antar kriteria yang diteliti dan pada penelitian ini dilakukan penilaian prioritas solusi dari kriteria *safety leadership* (C1), *safety participation* (C2), *safety climate* (C3), *safety knowledge* (C4). *Pairwise comparison* antar kriteria dilakukan oleh 18 responden *expert* dalam bidang *safety* di PT. X dengan hasil pada Tabel 1

**Tabel 1. Matriks perbandingan berpasangan skala TFN**

|    | C1   |      |      | C2   |      |      | C3   |      |      | C4   |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|    | l    | m    | u    | l    | m    | u    | l    | M    | u    | l    | m    | u    |
| C1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| C2 | 0.50 | 0.67 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.67 | 1.00 |
| C3 | 0.50 | 0.67 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.67 | 1.00 | 2.00 |
| C4 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 0.50 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Batas sintesis *fuzzy* diperoleh dari penjumlahan dari setiap nilai rendah (l), nilai tengah (m), dan nilai tinggi (t) untuk masing-masing kriteria dengan hasil C1 (4, 5, 6), C2 (3, 3.33, 4), C3 (3.17, 3.67, 5), C4 (3.5, 4.5, 5.5). Untuk menghitung nilai sintesis *fuzzy* kriteria (S<sub>i</sub>) perhitungan dilakukan menggunakan Excel menggunakan rumus 2-2 dengan hasil S<sub>1</sub> (0.2, 0.3, 0.44), S<sub>2</sub> (0.15, 0.2, 0.29), S<sub>3</sub> (0.15, 0.22, 0.37), S<sub>4</sub> (0.17, 0.27, 0.4). Berikut ini contoh perhitungan S<sub>1</sub>:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \sum_{j=1}^m M_{D_i}^j \times [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{D_i}^j]^{-1} \\
 &= (4, 5, 6) \times [(6+4+5+5.5), (5+3.33+3.67+4.5), (4+3+3.17+3.5)]^{-1} \\
 &= (4, 5, 6) \times (20.5, 16.5, 13.67)^{-1} = (0.2, 0.3, 0.44)
 \end{aligned}$$

Derajat kemungkinan (V (S<sub>i</sub> ≥ S<sub>j</sub>)) di antara empat nilai *fuzzy synthetic extent* (S<sub>1</sub> sampai S<sub>4</sub>) diperoleh menggunakan rumus 2-1 dengan hasil pada Tabel 2.

**Tabel 2. Derajat Kemungkinan Antar Elemen Kriteria**

| Vektor      | Nilai | Vektor      | Nilai | Vektor      | Nilai |
|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| V (S1 > S2) | 1.00  | V (S1 > S3) | 1.00  | V (S1 > S4) | 1.00  |
| V (S2 > S1) | 0.49  | V (S2 > S3) | 0.87  | V (S2 > S4) | 0.63  |
| V (S3 > S1) | 0.68  | V (S3 > S2) | 1.00  | V (S3 > S4) | 0.79  |
| V (S4 > S1) | 0.87  | V (S4 > S2) | 1.00  | V (S4 > S3) | 1.00  |

Nilai ordinat defuzzifikasi dari setiap kriteria dapat diperoleh dengan cara berikut:

$$\begin{aligned} \text{Min } V(S1>S2,S3,S4) &= \text{Min}(1,1,1) && = 1 \\ \text{Min } V(S2>S1,S3,S4) &= \text{Min}(0.49,0.87,0.63) && = 0.49 \\ \text{Min } V(S3>S1,S2,S4) &= \text{Min}(0.68,1,0.79) && = 0.68 \\ \text{Min } V(S4>S1,S2,S3) &= \text{Min}(0.87,1,1) && = 0.87 \end{aligned}$$

Sedangkan vektor bobot kriteria dan normalisasi vektor bobot dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W' &= (1, 0.49, 0.68, 0.87) \\ W &= (0.329, 0.161, 0.223, 0.287) \end{aligned}$$

Hasil perbandingan berpasangan kriteria oleh para *expert* dilakukan uji konsistensi *ratio* dimana hasilnya 0.00772 atau 0.772% yang artinya penilaian dari responden sudah konsisten. Kemudian dilakukan normalisasi *aggregate matrix* pada Tabel 3.

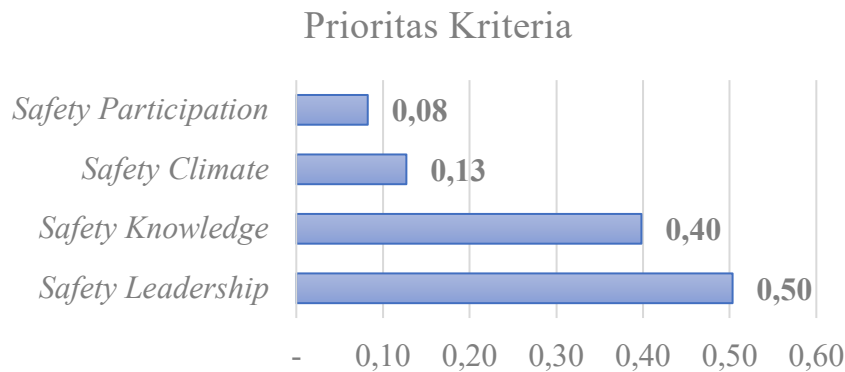
**Tabel 3. Normalisasi Aggregate Matrix Kriteria**

| Kriteria | C1   | C2   | C3   | C4   |
|----------|------|------|------|------|
| C1       | 0.38 | 0.38 | 0.43 | 0.35 |
| C2       | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.12 |
| C3       | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.18 |
| C4       | 0.38 | 0.38 | 0.29 | 0.35 |
| Total    | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Pada akhirnya penentuan prioritas kriteria ditentukan menggunakan rumus 2-3 dengan perhitungan sebagai berikut:

| Kriteria | C1   | C2   | C3   | C4   |   | Bobot |   | Nilai Prioritas |
|----------|------|------|------|------|---|-------|---|-----------------|
| C1       | 0.38 | 0.38 | 0.43 | 0.35 | x | 0.33  | = | 0.50            |
| C2       | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.12 |   | 0.16  |   | 0.08            |
| C3       | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.18 |   | 0.22  |   | 0.13            |
| C4       | 0.38 | 0.38 | 0.29 | 0.35 |   | 0.29  |   | 0.40            |
| Total    | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |   | 1.00  |   |                 |

Urutan kriteria menurut prioritas juga ditampilkan pada Gambar 2



**Gambar 2. Prioritas Kriteria**

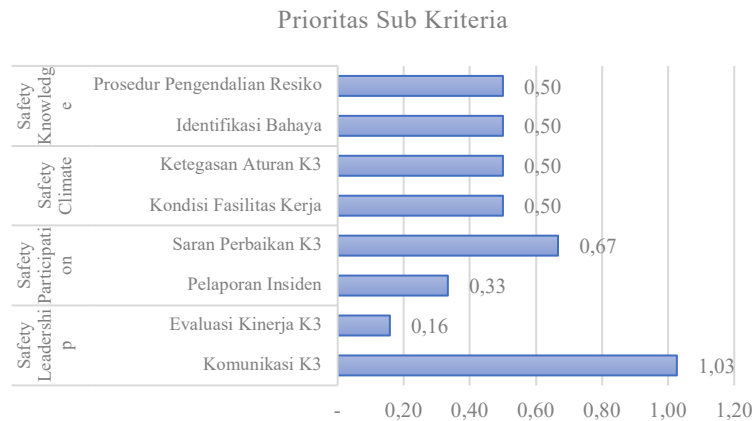
Berdasarkan Gambar 2, data matriks bobot terbesar secara berurutan adalah *Safety Leadership*, *Safety Knowledge*, *Safety Climate*, dan *Safety Participation*. Hal ini menunjukkan bahwa kriteria yang perlu yang perlu menjadi fokus untuk perbaikan *safety performance* di PT. X adalah *safety leadership* dengan nilai prioritas 0.50. *Safety leadership* dianggap menjadi kriteria yang paling penting dalam perbaikan *safety performance* di PT. X mengingat penyampaian *refresh training* dari *safety center* berkaitan dengan *history* terjadinya *accident*, kebanyakan *case* disebabkan oleh penyampaian kurang detail berkaitan *job* yang akan dilakukan oleh pekerja dari *leader*-nya, mulai dari persiapan kerja, urutan pekerjaan dengan masing-masing potensi bahayanya, juga kurangnya *monitoring* dari *leader* saat pekerjaan dilakukan,

#### **Hasil Kuesioner Sub Kriteria, Alternatif, dan *Feedback* Alternatif**

Pemilihan sub kriteria didasarkan pada studi lapangan yaitu komunikasi K3 (SC1), evaluasi kinerja K3 (SC2), pelaporan insiden (SC3), saran perbaikan K3 (SC4), kondisi fasilitas kerja (SC5), ketegasan aturan K3 (SC6), identifikasi bahaya (SC7), prosedur pengendalian risiko (SC8). Sedangkan alternatif pekerja berdasarkan klasifikasi pekerja di PT. X yaitu karyawan (A1), *outsourcing* (A2), dan kontraktor (A3) yang kemudian dilakukan *pairwise comparison* untuk menentukan prioritas perbaikannya.

#### **Klaster Sub Kriteria**

Hasil *pairwise comparison* sub kriteria dari para *expert* dilakukan uji konsistensi rasio diperoleh nilai CR < 10% sehingga dapat dilanjutkan untuk penentuan prioritas perbaikannya. Perhitungan penentuan prioritas perbaikan sama halnya pada klaster kriteria sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

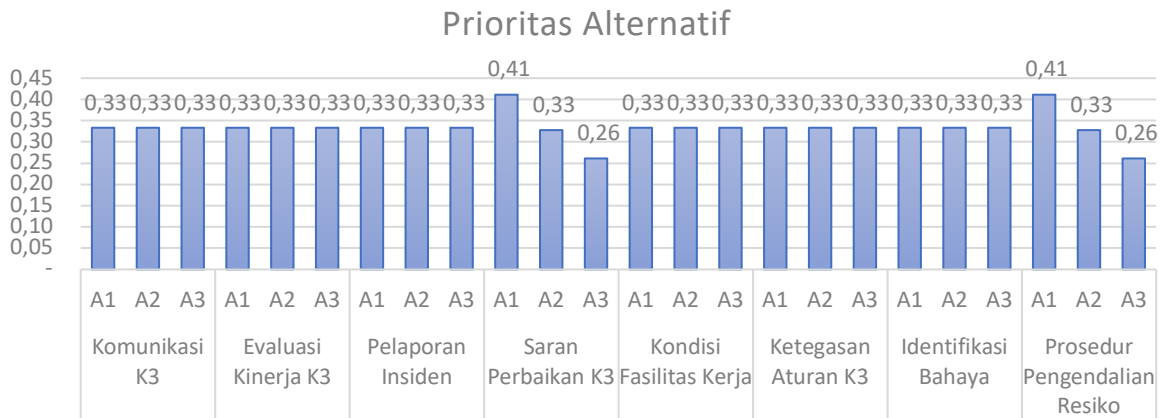


**Gambar 3. Prioritas Sub Kriteria**

Berdasarkan Gambar 3, data matriks bobot untuk kriteria *Safety Leadership* lebih fokus pada perbaikan Komunikasi K3 mengingat penyampaian informasi *safety work* saat kegiatan TBM beserta detail item pekerjaan, potensi bahaya, dan penanggulangannya dianggap lebih penting dalam hal perbaikan *safety performance* di PT. X karena bersifat *preventive* daripada Evaluasi K3 seperti program *daily patrol* yang lebih ke arah kegiatan korektif, pada kriteria *Safety Participation* harap lebih fokus pada saran perbaikan K3 dengan mengoptimalkan program *safety suggestion system* mengingat saran dari pekerja langsung merupakan kendala *actual* di lapangan dibanding program pelaporan insiden. Sedangkan pada kriteria *Safety Climate* dan *Safety Knowledge*, nilainya sama antara kondisi fasilitas kerja dan ketegasan aturan K3, juga antara identifikasi bahaya dan pengendalian risiko

### Klaster Alternatif

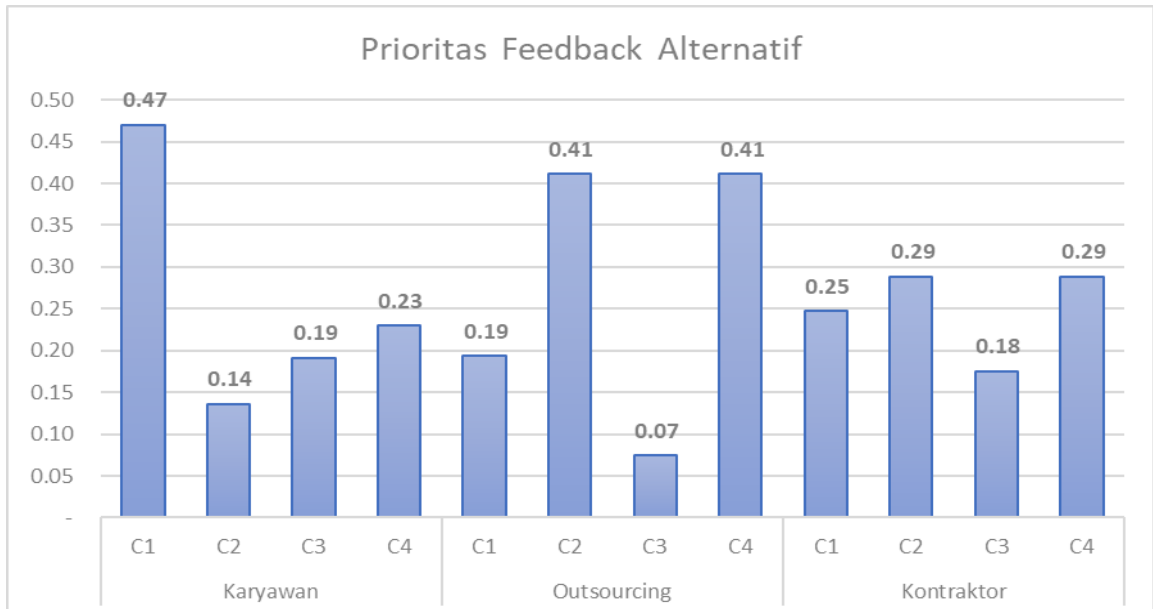
Hasil *pairwise comparison* alternatif dari para *expert* dilakukan uji konsistensi rasio diperoleh nilai CR 0~5.156% (<10%) sehingga dapat dilanjutkan untuk penentuan prioritas perbaikannya. Perhitungan penentuan prioritas perbaikan sama halnya pada klaster kriteria sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:



**Gambar 4. Prioritas Alternatif**

**Klaster Feedback Alternatif**

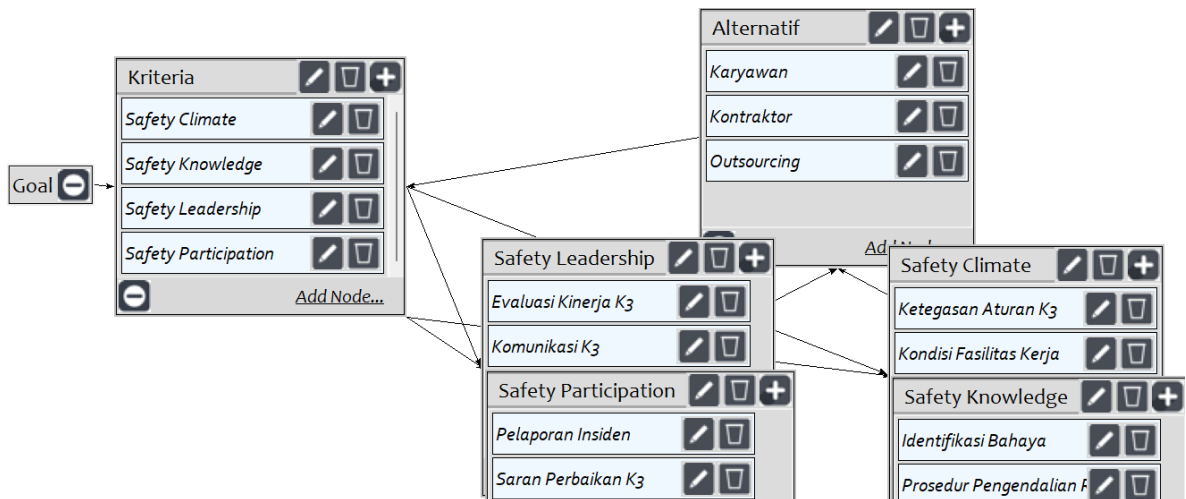
Hasil *pairwise comparison feedback* alternatif dari para *expert* dilakukan uji konsistensi rasio diperoleh nilai CR 0.01716 atau 1.72% dari penilaian bobot *feedback* alternatif pekerja karyawan, 0.05787 atau 5.79% pada *feedback* alternatif *outsourcing*, dan 0.02271 atau 2.27% pada *feedback* alternatif pekerja kontraktor, sehingga dapat dilanjutkan untuk penentuan prioritas perbaikannya. Perhitungan penentuan prioritas perbaikan sama halnya pada klaster kriteria sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:



**Gambar 5. Prioritas Feedback Alternatif**

**Prioritas Global Superdecision**

Pada Sub Bab ini dilakukan penentuan prioritas perbaikan *safety performance* secara global menggunakan *software superdecision* yang sebelumnya telah dibuat jaringan sebagai dasar untuk menghitung hubungan keterkaitan dalam metode FANP seperti pada Gambar 6 di bawah ini.



**Gambar 6. Diagram jaringan FANP menggunakan software super decision**

**Supermatriks FANP**

Supermatriks adalah hasil dari perhitungan vektor prioritas yang diperoleh melalui perbandingan antara kluster dan kriteria. Pembentukan supermatriks ini melibatkan tiga tahap utama, yaitu Supermatriks Tidak Terbobot (*Unweighted Supermatrix*), Supermatriks Terbobot (*Weighted Supermatrix*), dan Supermatriks Batas (*Limiting Supermatrix*). Hasil *limited supermatrix* kemudian dinormalisasikan berdasarkan kluster untuk menghasilkan bobot global. pada Tabel 4 di bawah ini merupakan hasil pengolahan data menggunakan *software Super Decision*.

**Tabel 4. Bobot Global Kriteria**

| <b>CRITERIA</b>             | <b>NORMALIZED BY CLUSTER</b> | <b>LIMITING</b> | <b>%</b> | <b>RANK</b> |
|-----------------------------|------------------------------|-----------------|----------|-------------|
| <i>Safety Leadership</i>    | 0.30991                      | 0.123962        | 31%      | 1           |
| <i>Safety Knowledge</i>     | 0.27519                      | 0.110077        | 28%      | 2           |
| <i>Safety Participation</i> | 0.24491                      | 0.097962        | 24%      | 3           |
| <i>Safety Climate</i>       | 0.17000                      | 0.067998        | 17%      | 4           |

Nilai prioritas diambil dari nilai limiting karena nilai tersebut mencerminkan prioritas secara menyeluruh, menggabungkan semua pengaruh yang ada, serta mempertimbangkan bobot antar kluster. Sehingga ranking untuk kriteria yang

menjadi prioritas perbaikan *safety performance* adalah *Safety Leadership* yang disusun dengan kriteria *Safety Knowledge*, *Safety Participation*, dan *Safety Climate*.

**Tabel 5. Bobot Global Alternatif**

| ALTERNATIF         | NORMALIZED BY CLUSTER | LIMITING | %   | RANK |
|--------------------|-----------------------|----------|-----|------|
| Karyawan           | 0.36577               | 0.146306 | 37% | 1    |
| <i>Outsourcing</i> | 0.36371               | 0.145482 | 36% | 2    |
| Kontraktor         | 0.27053               | 0.108211 | 27% | 3    |

Sedangkan pada Tabel 5 di atas menunjukkan bahwa *ranking* untuk prioritas perbaikan *safety performance* pada PT. X untuk alternatif pekerja dimulai dari Karyawan yang dilanjutkan dengan *outsourcing*, dan kontraktor.

### Implikasi Manajerial

Berdasarkan hasil analisis menggunakan perhitungan metode *fuzzy ANP*, diperoleh prioritas global untuk perbaikan *safety performance* pada klaster kriteria dan alternatif pekerjaanya. Hasil ini kemudian dilakukan diskusi dengan *safety management* PT. X untuk menentukan implikasi manajerial beserta rencana realisasinya sebagai berikut.

- Pengelolaan sumber daya keselamatan yang efisien dengan penentuan prioritas yang tepat pada aspek *safety leadership*, manajemen dapat mengalokasikan sumber daya (pelatihan, pengawasan, dan waktu) secara optimal untuk meningkatkan *safety leadership* di seluruh tingkatan organisasi. Hal ini bisa dimulai dengan penguatan program-program komunikasi *Top Management to Management*, *Top Management to leader safety* (BK3, *safety police*, dan *safety* kontraktor), pelatihan *safety leadership*, dan program pemberian insentif kepada *leader* dengan *safety leadership* yang baik, bisa berupa *assessment* ataupun perlombaan sehingga pekerja menjadi lebih semangat dalam menjalankan program-program yang ada.
- Peningkatan *safety knowledge* karyawan melalui program pelatihan dan edukasi yang terstruktur akan membantu meningkatkan kesadaran dan pemahaman pekerja terhadap prosedur keselamatan kerja. *Safety center* akan kerja sama dengan *Human Resources* (HR) untuk melakukan *Training Need Analysis* (TNA) berdasarkan regulasi dan potensi bahaya di area kerja, serta menyelenggarakan *training* sesuai dengan kebutuhan dari masing-masing pekerja
- Mendorong partisipasi aktif dalam keselamatan kerja dengan memperkuat *safety participation*, perusahaan dapat mengurangi risiko kecelakaan melalui keterlibatan karyawan, *outsourcing*, dan kontraktor dalam kegiatan keselamatan secara proaktif. Sejauh ini program *safety suggestion system* masih berlaku pada pekerja karyawan dan *outsourcing*, ke depannya perlu

dikembangkan lagi dengan menambah partisipan dari kontraktor juga mengevaluasi *system rewarding*.

- Perbaikan iklim keselamatan yang kondusif, menciptakan *safety climate* yang positif akan meningkatkan budaya keselamatan dan komunikasi terbuka antara manajemen dan pekerja, sehingga memperkuat komitmen bersama terhadap keselamatan menjadi perlu direncanakan dalam jangka panjang, mengingat PT. X merupakan perusahaan manufaktur yang sudah beroperasi lebih dari 30 tahun, artinya perlu penerapan program *continuous sustainable management* (CSM) dengan baik terkait peremajaan atau penggantian fasilitas yang sudah tidak aman.
- Prioritas perbaikan pada karyawan dengan cara memberikan perhatian khusus pada karyawan, perusahaan dapat memastikan bahwa sumber daya utama yang menjalankan operasional memiliki kompetensi dan motivasi tinggi dalam menerapkan standar keselamatan. *Safety center* akan melakukan program *rewarding* kepada karyawan yang memiliki *leadership* yang baik juga jika dalam kuartal tidak terjadi *accident* di seksinya masing-masing akan nada *reward* khusus bagi seluruh karyawan di seksi tersebut, namun hangus jika terjadi *accident*.
- Pengelolaan *outsourcing* dan kontraktor secara efektif, meskipun menjadi prioritas kedua dan ketiga, pengawasan dan pelatihan yang memadai bagi *outsourcing* dan kontraktor sangat penting untuk menjaga konsistensi standar keselamatan di seluruh lapisan tenaga kerja. PT. X terus berusaha untuk meminimalisir potensi bahaya yang terjadi bagi seluruh pekerja, tidak luput bagi pekerja *outsourcing* dan kontraktor. Konsentrasi terhadap *safety* telah meningkatkan *standard requirement* bagi *outsourcing* dan kontraktor yang bekerja di PT. X, mulai dari kesesuaian APD tambahan, aturan setiap titik pekerjaan harus ada pengawas *safety*, dan *permit safety* yang perlu dibuat H-1 dan *update* saat hari H pelaksanaan pekerjaan.
- Evaluasi dan pengendalian berkelanjutan, manajemen perlu secara rutin memonitor dan mengevaluasi efektivitas program perbaikan keselamatan berdasarkan prioritas yang telah ditetapkan untuk memastikan peningkatan kinerja keselamatan yang berkelanjutan. Dalam hal *monitoring* keberhasilan implementasi, dapat memasukkan *action plan* di atas sebagai KPI, seperti pelatihan *safety leadership* (target minimal 95% peserta pelatihan setiap tahun), jumlah pelanggaran aturan K3 (target turun 20% setiap semester), jumlah program CSM yang dijalankan (target 90% dari *plan* tahunan), dan penurunan tingkat insiden (target turun 20% setiap tahun). Sedangkan untuk mengukur efisiensi dan evaluasi ekonomi dari program-program perbaikan di atas dapat dilakukan perhitungan *Benefit Cost Ratio* (BCR) dengan membandingkan manfaat yang diperoleh (dalam bentuk pengurangan kecelakaan, efisiensi operasional, peningkatan produktivitas, dll) dengan biaya yang dikeluarkan (pelatihan, pengawasan, alat keselamatan, insentif, dll). Jika  $BCR > 1$ , maka program atau tindakan perbaikan dianggap ekonomis

dan layak diterapkan. Jika  $BCR < 1$ , maka perlu dilakukan evaluasi ulang optimalisasi program agar lebih efektif dan efisien.

## KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh rangkaian proses penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis menggunakan metode *fuzzy ANP* dengan melakukan identifikasi antar kriteria sehingga didapatkan prioritas perbaikan *safety performance* secara berurutan adalah *safety leadership* (0.123962), disusul dengan *safety knowledge* (0.110077), *safety participation* (0.097962), dan *safety climate* (0.067998).
2. Kluster alternatif pekerja, didapatkan hasil prioritas perbaikan *safety performance* yaitu pada karyawan yang notabenehnya merupakan sumber daya utama yang menjalankan operasional agar memiliki kompetensi dan motivasi tinggi dalam menerapkan standar keselamatan dengan nilai bobot 0.146306, disusul dengan pekerja *outsourcing* (0.145482), dan kontraktor (0.108211).
3. Pada kluster sub kriteria, masing-masing kriteria memiliki 2 sub kriteria dengan hasil bobot untuk kriteria *Safety Leadership* lebih fokus pada perbaikan Komunikasi K3 daripada Evaluasi K3, pada kriteria *Safety Participation* harap lebih fokus pada saran perbaikan K3 dibanding pelaporan insiden. Sedangkan pada kriteria *Safety Climate* dan *Safety Knowledge*, nilainya sama antara kondisi fasilitas kerja dan ketegasan aturan K3, juga antara identifikasi bahaya dan pengendalian risiko.
4. Hasil penentuan prioritas perbaikan *safety performance* pada kluster *feedback* alternatif didapatkan hasil bobot terbesar secara berurutan dalam *feedback* alternatif pekerja karyawan adalah *safety leadership* (0.47), *safety knowledge* (0.23), *safety climate* (0.19), dan *safety participation* (0.14). Sedangkan pada alternatif pekerja *outsourcing* dimulai dari *safety participation* dan *safety knowledge* dengan prioritas utama (0.41), disusul dengan *safety leadership* (0.19) dan disusul dengan *safety climate* (0.07). Pada *feedback* alternatif pekerja kontraktor, bobot terbesar secara berurutan dimulai dari *safety participation* dan *safety knowledge* dengan nilai tertinggi (0.29), disusul dengan *safety leadership* (0.25) dan juga *safety climate* (0.18).
5. Hasil penggunaan metode *fuzzy ANP* didapatkan prioritas perbaikan *safety performance* terbaik dengan mempertimbangkan aspek multi kriteria, sehingga usulan tersebut dapat digunakan untuk memberikan rekomendasi bagi manajemen terkait pengelolaan sumber daya secara efektif.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bauzir, A. M., & Agustina, T. S. (2024a). Safety Participation on Industrial Company: Emphasize Safety Leadership and Safety Climate with Safety Knowledge as Mediation. *Revista de Gestao Social e Ambiental*, 18(3). <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n3-143>
- Chang, D.Y. (1996), "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, Vol. 95 No. 3, pp. 649-655.
- Galankashi, M.R., et al., Supplier Selection for Electrical Manufacturing Companies Based on Different Supply Chain Strategies. *Electrical Engineering*, 2013.
- Saaty, T. (2001). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process* (Vol. Second Edition). Pittsburgh, USA: RWS
- Wu, Y. M. (2013). Project proposals decision model based on sustainable development with triangular fuzzy numbers. *Applied Mechanics and Materials*, 405-408, 3362-3366. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.405-408.3362>
- Zadeh, L.A., Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy sets and systems*, 1999. 100: p. 9-34.