

PEMILIHAN TRANSPORTASI UMUM TERBAIK PADA TRAYEK TERMINAL JOYOBOYO SAMPAI PUSAT KOTA SURABAYA DENGAN METODE FUZZY INTUSIONISTIK SWARA-COPRAS

Annisa Ika Puspitasari

Program Studi S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: annisaika.21032@mhs.unesa.ac.id

Dwi Nur Yunianti

Program Studi S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: dwiynianti@unesa.ac.id*

Abstrak

Transportasi umum berperan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat perkotaan, mengurangi kemacetan, serta meningkatkan efisiensi perjalanan. Keberagaman moda transportasi di Kota Surabaya menimbulkan kebutuhan akan evaluasi yang objektif agar masyarakat memiliki referensi yang jelas dalam memilih moda transportasi yang sesuai dengan kebutuhannya. Penelitian ini bertujuan menentukan moda transportasi umum terbaik pada trayek Terminal Joyoboyo–Pusat Kota Surabaya dengan menggunakan metode Fuzzy Intuitionistic SWARA-COPRAS. Metode ini digunakan karena mampu mengakomodasi ketidakpastian penilaian responden serta memberikan pembobotan kriteria yang lebih objektif. Data penelitian diperoleh dari penilaian responden terhadap 13 kriteria, antara lain kemudahan pembayaran digital, keamanan perjalanan, ketepatan waktu, tarif, fasilitas, catatan kecelakaan, keandalan pengemudi, aksesibilitas, kapasitas, kepadatan, dampak lingkungan, kecepatan, serta integrasi dengan sistem lain. Hasil analisis menunjukkan bahwa kemudahan pembayaran digital (0,08048), keamanan perjalanan (0,07984), dan ketepatan waktu (0,07944) merupakan kriteria dengan bobot tertinggi, sedangkan integrasi dengan sistem lain (0,07100) memiliki bobot terendah. Berdasarkan hasil perhitungan COPRAS, alternatif Bus Suroboyo menempati peringkat pertama dengan nilai utilitas 100%, disusul Feeder Wira-Wiri (97,7%), Trans Semanggi (95,2%), dan Bus Tumpuk Suroboyo (92%). Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi masyarakat dalam memilih moda transportasi umum terbaik di Surabaya.

Kata Kunci : Fuzzy Intusionistik SWARA-COPRAS, Transportasi Umum, Kepentingan Kriteria, Pengurutan Alternatif.

Abstract

Public transportation plays an important role in supporting urban mobility, reducing traffic congestion, and improving travel efficiency. The diversity of public transportation modes in Surabaya creates the need for an objective evaluation so that society has a clear reference in selecting the most suitable mode of transport. This study aims to determine the best public transportation mode on the Joyoboyo Terminal–City Center Surabaya route using the Fuzzy Intuitionistic SWARA-COPRAS method. This method was selected because it accommodates uncertainty in respondents' assessments and provides more objective weighting of criteria. The data were collected from respondents' evaluations of 13 criteria, including digital payment convenience, travel safety, punctuality, fare, facilities, accident records, driver reliability, accessibility, passenger capacity, passenger density, environmental impact, travel speed, and system integration. The results indicate that the highest weights are assigned to digital payment convenience (0.08048), travel safety (0.07984), and punctuality (0.07944), while system integration (0.07100) has the lowest weight. Based on the COPRAS calculation, Bus Suroboyo ranked first with a utility degree of 100%, followed by Feeder Wira-Wiri (97.7%), Trans Semanggi (95.2%), and Bus Tumpuk Suroboyo (92%). Therefore, this study not only provides an academic contribution but also serves as a valuable reference for society in selecting the most effective public transportation mode in Surabaya.

Keywords: Fuzzy Intuitionistic SWARA-COPRAS, Public Transportation, Criteria Importance, Alternative Ranking.

PENDAHULUAN

Transportasi memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas sosial, ekonomi, dan pembangunan wilayah. Sistem transportasi yang

efisien dapat meningkatkan konektivitas, menghemat waktu, serta mengurangi kemacetan (Miro, 2005). Di Indonesia, transportasi darat merupakan moda utama yang digunakan masyarakat. Dalam konteks Provinsi Jawa Timur,

Kota Surabaya menjadi simpul utama jaringan transportasi yang menghubungkan berbagai wilayah di sekitarnya.

Menurut data BPS Jawa Timur (2023), jumlah kendaraan bermotor di Surabaya mencapai 3,68 juta unit, yang berdampak pada meningkatnya kemacetan, khususnya di kawasan Surabaya Pusat seperti Jalan Darmo, Urip Sumoharjo, dan Tunjungan (Dinas Perhubungan, 2025). Untuk mengatasi hal tersebut, Pemerintah Kota Surabaya meluncurkan berbagai inovasi transportasi umum seperti Suroboyo Bus dan Trans Semanggi, serta melakukan modernisasi Terminal Joyoboyo. Meski demikian, masyarakat masih memerlukan sistem yang dapat membantu memilih moda transportasi umum terbaik berdasarkan kriteria tertentu seperti tarif, waktu tempuh, kenyamanan, dan keamanan.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis Multi-Criteria Decision Making (MCDM), yang memungkinkan analisis alternatif berdasarkan banyak kriteria secara objektif (Ahmad, 2018; Lumban Gaol & Hasibuan, 2018). Untuk mengakomodasi ketidakpastian dalam proses penilaian, digunakan konsep fuzzy intuisisionistik yang memperhitungkan derajat keanggotaan, ketidakanggotaan, dan keragu-raguan secara bersamaan.

Penelitian ini menggunakan gabungan metode Fuzzy Intuisisionistik SWARA-COPRAS, di mana SWARA digunakan untuk menentukan bobot kriteria, sedangkan COPRAS digunakan untuk meranking alternatif transportasi umum. Metode ini dinilai lebih akurat dan stabil karena mampu mengolah data dengan ketidakpastian tinggi (Mishra dkk., 2020; Akbar dkk., 2024).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan bobot kriteria dan mengidentifikasi urutan transportasi umum terbaik pada trayek Terminal Joyoboyo–Pusat Kota Surabaya menggunakan metode Fuzzy Intuisisionistik SWARA-COPRAS. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan bagi masyarakat dalam memilih transportasi umum yang efisien, serta membantu pemerintah kota dalam merumuskan kebijakan transportasi yang berkelanjutan, aman, dan ramah lingkungan.)

KAJIAN TEORI

TRANSPORTASI UMUM

Menurut Miro (2012), transportasi merupakan kegiatan memindahkan, menggerakkan, atau mengangkut suatu objek dari satu tempat ke tempat lainnya agar objek tersebut dapat digunakan secara lebih optimal dan memiliki nilai manfaat yang lebih besar di lokasi tujuannya. Transportasi umum atau angkutan kota adalah sarana transportasi yang dimanfaatkan secara Bersama oleh masyarakat. Di Indonesia, keberadaan transportasi umum mempunyai peranan yang sangat penting (Gunardo, 2014).

Transportasi umum memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat, khususnya di kawasan perkotaan. Keberadaannya tidak hanya berfungsi sebagai sarana perpindahan orang dari satu tempat ke tempat lain, tetapi juga sebagai solusi untuk berbagai permasalahan mobilitas yang timbul akibat pertumbuhan jumlah kendaraan pribadi yang pesat. Secara umum, tujuan transportasi umum dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Mengurangi kemacetan
- b. Meningkatkan kualitas udara
- c. Meningkatkan aksesibilitas dan mobilitas
- d. Mendukung pertumbuhan ekonomi
- e. Meningkatkan kualitas hidup
- f. Mendorong penggunaan lahan yang efisien

Daftar transportasi umum di Surabaya menunjukkan upaya kota ini dalam menyediakan berbagai pilihan akses mobilitas bagi masyarakat. Sebagai salah satu kota metropolitan terbesar, keberadaan transportasi umum di Surabaya memiliki peranan yang sangat penting. Berikut beberapa transportasi umum di kota Surabaya:

- a. Suroboyo Bus
- b. Trans Semanggi
- c. Feeder Wira-wiri
- d. Suroboyo Bus Tumpuk

Guna mendorong peningkatan dalam pemilihan transportasi umum, aspek fasilitas dan kepuasan pengguna perlu dijadikan prioritas utama. Fasilitas dan kepuasan konsumen dapat meliputi beberapa hal seperti, biaya, waktu dan efisiensi, aksesibilitas, fasilitas, keamanan dan keselamatan, pengaruh terhadap lingkungan, teknologi dan inovasi. Nantinya konsumen akan memiliki penilaian tersendiri, apakah mereka puas terkait dengan

penggunaan transportasi tersebut. Maka kriteria yang perlu diperhatikan oleh pengelola transportasi umum untuk meningkatkan kepuasan pengguna antara lain:

- a. Tarif
- b. Waktu dan efisiensi
 1. Kecepatan perjalanan
 2. Ketepatan waktu
 3. Frekuensi layanan
- c. Kenyamanan dan kemudahan akses
 1. Kapasitas penumpang,
 2. Kepadatan penumpang,
 3. Aksesibilitas, meliputi jangkauan transportasi dan jumlah rute yang dilalui
 4. Fasilitas, meliputi AC, tempat duduk, fasilitas untuk penyandang disabilitas, dan jaringan internet
- d. Keamanan dan keselamatan
 1. Catatan musibah
 2. Keamanan dalam perjalanan
 3. Keandalan operasi
- e. Pengaruh terhadap lingkungan
- f. Teknologi dan inovasi
 1. Integrasi dengan system lain atau kemudahan dalam perpindahan moda transportasi umum
 2. Kemudahan dalam melakukan pembayaran digital.

HIMPUNAN FUZZY

Misalkan S adalah himpunan semesta tak kosong dengan setiap elemennya dilambangkan dengan x Himpunan fuzzy A pada S didefinisikan sebagai berikut (Zimmerman, 1996) :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in S\}$$

dengan μ_A merupakan fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy A yang memetakan setiap elemen dalam S ke interval $[0, 1]$, yaitu $\mu_A: S \rightarrow [0, 1]$ dan $\mu_A(x)$ merupakan derajat keanggotaan x pada himpunan fuzzy A dengan $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$, untuk setiap $x \in S$.

HIMPUNAN FUZZY

Misalkan S merupakan sebuah himpunan tak kosong. Himpunan fuzzy Intusionistik A didefinisikan sebagai

$$A = \{(x, \mu_A(x), \gamma_A(x)) \mid x \in S\}$$

dengan μ_A dan γ_A secara berurutan menyatakan fungsi keanggotaan dan fungsi ketidakanggotaan himpunan fuzzy intusionistik A dimana $\mu_A: S \rightarrow [0, 1]$

dan $\gamma_A: S \rightarrow [0, 1]$, kemudian $\mu_A(x)$ dan $\gamma_A(x)$ secara berurutan menyatakan derajat keanggotaan x dan derajat ketidakanggotaan x pada himpunan fuzzy intusionistik A .

Pada himpunan fuzzy intusionistik terdapat derajat keragu-raguan dari x di A didefinisikan sebagai

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \gamma_A(x)$$

dengan $\pi_A(x)$ merupakan derajat keragu-raguan x pada himpunan fuzzy intusionistik A , dimana $0 \leq \pi_A(x) \leq 1$.

FUZZY INTUSIONISTIK SWARA (STEP-WISE WEIGHT ASSESSMENT RATIO ANALYSIS)

Fuzzy Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (Fuzzy SWARA) adalah metode perluasan dari metode SWARA dengan bertujuan untuk menangani masalah informasi yang tidak dapat dikuantifikasi, tidak dapat diperoleh, tidak lengkap serta ketidaktahuan sebagian penyebab ketidakpastian dalam pengambilan keputusan yang tidak dapat diselesaikan secara efektif dengan metode MADM konvensional (Reza Kaini, 2017).

Fuzzy Intuitionistic SWARA adalah metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang menggabungkan Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) dengan himpunan fuzzy intuitionistik untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam proses pemberian bobot kriteria.

Langkah-langkah yang digunakan pada metode fuzzy intusionistik SWARA, yaitu :

1. Menghitung Nilai Skor $S^*(C_j)$.

Pada tahap ini, nilai intuitionistic fuzzy number (IFN) diubah menjadi nilai skor $S^*(C_j)$ dengan tujuan menyederhanakan data fuzzy menjadi angka pasti agar dapat dibandingkan secara langsung antar kriteria dengan menggunakan rumus berikut.

$$S^*(C_j) = \frac{1}{2}(S(C_j) + 1) \quad (2.1)$$

dengan, $S(C_j) = \mu_j - \nu_j$

2. Mengurutkan kriteria berdasarkan nilai $S^*(C_j)$.

kriteria evaluasi diurutkan menurut tingkat kepentingannya, yaitu faktor yang paling signifikan hingga kriteria yang paling tidak signifikan.

3. Menghitung nilai komparatif S_l

Pada langkah ini dihitung selisih kepentingan relatif antara satu kriteria dengan kriteria sebelumnya. Nilai ini menunjukkan

seberapa besar perbedaan pentingnya suatu kriteria dibandingkan dengan yang berada di atasnya. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut untuk l merupakan urutan kriteria berdasarkan nilai $S^*(C_j)$

$$S_l = \begin{cases} 0, & l = 1 \\ S^*(C_l) - S^*(C_{l-1}), & l > 1 \end{cases} \quad (2.2)$$

4. Menghitung koefisien komparatif (k_l)

Selanjutnya, selisih kepentingan yang telah diperoleh diubah menjadi koefisien komparatif. Koefisien ini berfungsi sebagai faktor pengurang yang menentukan seberapa besar bobot kriteria berikutnya dibandingkan dengan bobot kriteria sebelumnya. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$k_l = \begin{cases} 1, & l = 1 \\ S_l + 1, & l > 1 \end{cases} \quad (2.3)$$

dengan :

S_l = perbedaan kepentingan relatif dari kriteria ke- l dengan kriteria sebelumnya

5. Menghitung bobot relatif sementara (q_l)

Pada tahap ini bobot relatif dihitung secara bertahap. Kriteria pertama diberi bobot awal sebesar 1, sedangkan bobot kriteria berikutnya dihitung dengan membagi bobot sebelumnya dengan koefisien komparatif. Proses ini menghasilkan bobot sementara yang mencerminkan urutan dan kepentingan masing-masing kriteria dengan menggunakan rumus berikut

$$q_l = \begin{cases} 1, & l = 1 \\ \frac{q_{l-1}}{K_l}, & l > 1 \end{cases} \quad (2.4)$$

6. Menormalisasi bobot kriteria (W_j)

Semua bobot sementara kemudian dinormalisasi agar jumlah total bobot sama dengan 1. Normalisasi ini penting agar bobot dapat digunakan secara proporsional dalam proses pengambilan keputusan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$W_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (2.5)$$

7. Melakukan pemeringkatan alternatif

Setelah bobot akhir kriteria diperoleh, langkah berikutnya adalah menggunakannya untuk

mengevaluasi alternatif yang tersedia. Dengan metode lanjutan seperti COPRAS, alternatif akan diberi skor berdasarkan bobot kriteria sehingga dapat ditentukan alternatif terbaik

FUZZY INTUISIONISTIK COPRAS (COMPLEX PROPORTIONAL ASSESSMENT)

Metode COPRAS (*Complex Proportional Assessment*) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan sistem pendukung keputusan (SPK). Sistem pendukung keputusan (SPK) adalah seperangkat sistem yang mampu memecahkan masalah secara objektif berdasarkan kriteria dan pertimbangan yang telah diberikan sebelumnya (Pratiwi, 2016). COPRAS merupakan suatu metode yang pengambilan keputusannya mengasumsikan ketergantungan langsung dan proporsional dari tingkat signifikansi dan kegunaan alternatif. Dalam menentukan alternatif yang paling optimal, metode COPRAS mempertimbangkan baik solusi paling menguntungkan maupun yang paling tidak menguntungkan (Mesran dkk., 2017). Sedangkan fuzzy COPRAS intuisiionistik merupakan gabungan metode COPRAS dengan metode fuzzy intuisiionistik

Misal $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ adalah himpunan alternatif dan $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ adalah himpunan kriteria.

Langkah-langkah yang digunakan pada fuzzy COPRAS intuisiionistik yaitu (Schitea dkk., 2019) :

1. Menentukan Bobot Responden

Misal $D_k = (\mu_k, \nu_k, \pi_k)$ merupakan bilangan fuzzy intuisiionistik yang merepresentasikan kategori linguistik tingkat kepentingan responden ke- k . Nilai bobot responden tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\omega_k = \frac{\left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k} \right) \right)}{\sum_{k=1}^l \left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k} \right) \right)} \quad (2.6)$$

dan

$$\sum_{k=1}^l \omega_k = 1 \quad (2.7)$$

Persamaan di atas digunakan untuk mencari bobot responden, dengan $k = 1, 2, \dots, l$ dan l adalah banyaknya responden.

ω_k menyatakan bobot responden ke- k

μ_k menyatakan derajat keanggotaan responden ke- k

v_k menyatakan derajat ketidakanggotaan responden ke- k

π_k menyatakan derajat keragu-raguan responden ke- k

2. Mengkonstruksi Matriks Agregat Keputusan Fuzzy Intusionistik

Matriks agregat keputusan fuzzy intusionistik berfungsi untuk menggabungkan seluruh penilaian kriteria dan alternatif yang diberikan oleh masing-masing responden ke- k . Pembentukan matriks agregat tersebut diperoleh melalui penerapan operator IFWA (Intuitionistic Fuzzy Weighted Averaging) sebagaimana dikemukakan oleh Yu dan Xu (2013).

Dalam tahapan pengolahan data, digunakan dua jenis matriks agregat, yaitu matriks agregat antar kriteria dan matriks agregat alternatif terhadap kriteria. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- a. Matriks Agregat Alternatif Terhadap Kriteria
Matriks agregat alternatif terhadap kriteria dilambangkan dengan R_k .

Misalkan $R_k = [r_{ij_k}]_{m \times n}$ dengan R_k merupakan matriks keputusan alternatif terhadap kriteria untuk setiap responden, dan $r_{ij_k} = (\mu_{ij_k}, v_{ij_k}, \pi_{ij_k})$, maka diperoleh matriks keputusan fuzzy intusionistik terhadap responden ke- k adalah sebagai berikut:

$$R_k = \begin{bmatrix} r_{11_k} & r_{12_k} & \cdots & r_{1n_k} \\ r_{21_k} & r_{22_k} & \cdots & r_{2n_k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1_k} & r_{m1_k} & \cdots & r_{mn_k} \end{bmatrix}$$

Berdasarkan matriks R_k dengan $k = 1, 2, \dots, l$ diperoleh matriks R , di mana $R = [r_{ij}]$ atau

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

dengan,

$$r_{ij} = IFWA_{\omega} (r_{ij_1}, r_{ij_2}, \dots, r_{ij_f}) \quad (2.8)$$

$$= \bigoplus_{k=1}^f \omega_k \xi_k$$

$$= (1 - \prod_{k=1}^f (1 - \mu_k)^{\omega_k}, \prod_{k=1}^f v_k^{\omega_k}, \prod_{k=1}^f (1 - (\mu_k + v_k))^{\omega_k})$$

di mana

$i = 1, 2, \dots, m$ dan m adalah jumlah alternatif

$j = 1, 2, \dots, n$ dan n adalah jumlah kriteria

$k = 1, 2, \dots, f$ dan f adalah jumlah responden

r_{ij} merupakan entri matriks R pada alternatif ke- i dan kriteria ke- j

ω_k merupakan bobot responden ke- k

μ_{ij_k} merupakan derajat keanggotaan responden ke- k terkait penilaian alternatif ke- i dan kriteria ke- j

v_{ij_k} merupakan derajat keanggotaan responden ke- k terkait penilaian alternatif ke- i dan kriteria ke- j

π_{ij_k} merupakan derajat keragu-raguan responden ke- k pada penilaian alternatif ke- i dan kriteria ke- j

- b. Matriks Agregat Antar Kriteria

W melambangkan matriks agregat antar kriteria. Misalkan $W_k = [w_{j_k}]$ dengan W_k merupakan matriks keputusan antar kriteria untuk responden ke- k dan $w_{j_k} = (\mu_{j_k}, v_{j_k}, \pi_{j_k})$, maka diperoleh matriks keputusan fuzzy intusionistik terhadap responden ke- k adalah sebagai berikut:

$$W_k = \begin{bmatrix} w_{1_k} \\ w_{2_k} \\ \vdots \\ w_{j_k} \end{bmatrix}$$

Berdasarkan matriks W_k dengan $k = 1, 2, \dots, f$ diperoleh matriks W , dimana $W = [w_j]$ atau

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_j \end{bmatrix}$$

Dengan

$$w_j = IFWA_{\omega} (w_{j_1}, w_{j_2}, \dots, w_{j_f})$$

$$= \bigoplus_{k=1}^f \omega_k \xi_k$$

$$= (1 - \prod_{k=1}^f (1 - \mu_k)^{\omega_k}, \prod_{k=1}^f v_k^{\omega_k}, \prod_{k=1}^f (1 - (\mu_k + v_k))^{\omega_k}) \quad (2.9)$$

dimana

w_j merupakan anggota matriks agregat antar kriteria ke- j

$j = 1, 2, \dots, n$ dan n adalah banyaknya kriteria
 $k = 1, 2, \dots, f$ dan f adalah banyaknya responden

ω_k menyatakan bobot responden ke- k

μ_{j_k} menyatakan derajat keanggotaan responden ke- k terkait penilaian kriteria ke- j

v_{j_k} menyatakan derajat keanggotaan responden ke- k terkait penilaian kriteria ke- j

π_{j_k} menyatakan derajat keragu-raguan responden ke- k terkait penilaian kriteria ke- j

3. Menentukan Bobot Alternatif dan Kriteria

Berikut persamaan yang akan digunakan dalam penentuan bobot :

- a. Menghitung bobot alternatif terhadap kriteria
 Pada menghitung bobot alternatif terhadap kriteria diperlukan mencari solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Berikut rumus untuk mencari solusi ideal positif dan negatif.

Solusi Ideal Positif

Dengan menggunakan matriks R, maka untuk mencari solusi ideal positif dapat menggunakan rumus berikut :

Misalkan $D^+ = [d_{ij}^+]$

$$d_{ij}^+ = \sqrt{(\mu_{ij} - \mu_{r^+})^2 + (v_{ij} - v_{r^+})^2 + (\pi_{ij} - \pi_{r^+})^2} \quad (2.10)$$

dengan $r^+ = (1, 0, 0)$

$i = 1, 2, \dots, m$ dan m adalah banyaknya alternatif

$j = 1, 2, \dots, n$ dan n adalah banyaknya kriteria
 μ_{ij} merupakan derajat keanggotaan terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j .

v_{ij} merupakan derajat ketidakanggotaan terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j .

π_{ij} merupakan derajat keragu-raguan terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j .

Solusi Ideal Negatif

Dengan menggunakan matriks R, maka untuk mencari solusi ideal negatif dapat menggunakan rumus berikut :

Misalkan $D^- = [d_{ij}^-]$

$$d_{ij}^- = \sqrt{(\mu_{ij} - \mu_{r^-})^2 + (v_{ij} - v_{r^-})^2 + (\pi_{ij} - \pi_{r^-})^2} \quad (2.11)$$

dengan $r^- = (0, 1, 0)$

$i = 1, 2, \dots, m$ dan m adalah banyaknya alternatif

$j = 1, 2, \dots, n$ dan n adalah banyaknya kriteria
 μ_{ij} merupakan derajat keanggotaan terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j .

v_{ij} merupakan derajat ketidakanggotaan terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j .

π_{ij} merupakan derajat keragu-raguan terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j .

Bobot Alternatif

Dengan menggunakan solusi ideal positif dan solusi ideal negatif, maka untuk menentukan bobot alternatif dapat menggunakan rumus berikut :

Misalkan $B = [b_{ij}]$

$$b_{ij} = \frac{d_{ij}^-}{d_{ij}^- + d_{ij}^+}, 0 \leq b_{ij} \leq 1 \quad (2.12)$$

dengan,

$i = 1, 2, \dots, m$ dan m adalah banyaknya alternatif

$j = 1, 2, \dots, n$ dan n adalah banyaknya kriteria
 d_{ij}^+ merupakan solusi ideal positif terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j

d_{ij}^- merupakan solusi ideal negatif terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j

- b. Menghitung bobot kriteria

Pada menghitung bobot kriteria diperlukan menentukan solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Berikut rumus untuk mencari solusi ideal positif dan negatif.

Solusi Ideal Positif

Dengan menggunakan matriks W, maka untuk mencari solusi ideal positif dapat menggunakan rumus berikut :

Misalkan $D'^+ = [d'_j^+]$

$$d'_j^+ = \sqrt{(\mu_j - r^+)^2 + (v_j - r^+)^2 + (\pi_j - r^+)^2} \quad (2.13)$$

dengan $r^+ = (1, 0, 0)$

$j = 1, 2, \dots, n$ dan n adalah banyaknya kriteria
 μ_j merupakan derajat keanggotaan terhadap kriteria ke- j .

v_j merupakan derajat ketidakanggotaan terhadap kriteria ke- j .

π_j merupakan derajat keragu-raguan terhadap kriteria ke- j .

Solusi Ideal Negatif

Dengan menggunakan matriks W , maka untuk mencari solusi ideal negatif dapat menggunakan rumus berikut :

Misalkan $D'^{-} = [d'_{j}^{-}]$

$$d'_{j}^{-} = \sqrt{(\mu_j - r^{-})^2 + (v_j - r^{-})^2 + (\pi_j - r^{-})^2} \quad (2.14)$$

dengan $r^{-} = (0, 1, 0)$

$j = 1, 2, \dots, n$ dan n adalah banyaknya kriteria μ_j merupakan derajat keanggotaan terhadap kriteria ke- j .

v_j merupakan derajat ketidakanggotaan terhadap kriteria ke- j .

π_j merupakan derajat keragu-raguan terhadap kriteria ke- j .

Bobot kriteria

Dengan menggunakan solusi ideal positif (IFPIS) dan solusi ideal negatif (IFNIS), bobot kriteria dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut :

$B = [B'_j]$

$$B'_j = \frac{d'_{j}^{-}}{d'_{j}^{-} + d'_{j}^{+}}, 0 \leq B'_j \leq 1 \quad (2.15)$$

dengan

$j = 1, 2, \dots, n$ dan n adalah banyaknya kriteria d'_{j}^{+} merupakan solusi ideal positif terhadap kriteria ke- j .

d'_{j}^{-} merupakan solusi ideal negatif terhadap kriteria ke- j .

4. Mengkonstruksi Matriks Keputusan Normalisasi

Dengan menggunakan matriks B , kemudian disusun matriks keputusan ternormalisasi menggunakan rumus berikut :

$X = [x_{ij}]$

$$x_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^m b_{ij}} \quad (2.16)$$

dengan,

$i = 1, 2, \dots, m$ dan m banyaknya alternatif.

$j = 1, 2, \dots, n$ dan n banyaknya kriteria.

x_{ij} menyatakan matriks keputusan ternormalisasi alternatif ke- i dan kriteria ke- j .

b_{ij} merupakan nilai bobot alternatif ke- i dan kriteria ke- j

5. Mengkonstruksi Matriks Keputusan Normalisasi Terbobot

Matriks X yang telah dinormalisasi akan diberikan bobot dengan menggunakan rumus berikut :

Misalkan $Y = [y_{ij}]$

$$y_{ij} = x_{ij}B'_j \quad (2.17)$$

dengan,

$i = 1, 2, \dots, m$ dan m banyaknya alternatif.

$j = 1, 2, \dots, n$ dan n banyaknya kriteria.

Y_{ij} menyatakan matriks keputusan ternormalisasi terbobot terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j .

x_{ij} menyatakan matriks keputusan ternormalisasi terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j .

b'_j merupakan nilai bobot pada masing-masing kriteria ke- j .

6. Menghitung Nilai Kriteria Menguntungkan dan Tidak Menguntungkan

Matriks Y dimanfaatkan untuk menentukan kriteria yang bersifat menguntungkan (benefit) maupun yang tidak menguntungkan (cost) melalui penerapan rumus berikut :

Pada perhitungan S_i^+ kriteria yang digunakan adalah kriteria yang memberikan keuntungan (benefit), sedangkan pada S_i^- kriteria yang dipertimbangkan merupakan kriteria yang tidak memberikan keuntungan (cost).

$$S_i^+ = \sum y_{ij} \quad (2.18)$$

$$S_i^- = \sum y_{ij} \quad (2.19)$$

dengan,

$i = 1, 2, \dots, m$ dan m jumlah alternatif.

y_{ij} menyatakan indeks keputusan normalisasi terbobot terkait alternatif ke- i dan kriteria ke- j .

7. Menghitung Kepentingan Relatif

Bobot relatif dari setiap alternatif dapat diperoleh dengan rumus berikut:

$$Q_i = S_i^+ + \frac{\sum_{i=1}^m S_i^-}{S_i^- \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_i^-}} \quad (2.20)$$

dengan,

$i = 1, 2, \dots, m$ dan m menyatakan jumlah alternatif.

S_i^+ menyatakan jumlah keseluruhan nilai normalisasi terbobot untuk setiap alternatif ke- i yang berhubungan dengan kriteria yang menguntungkan.

Si- menyatakan jumlah keseluruhan nilai normalisasi berbobot untuk setiap alternatif ke-i yang berhubungan dengan kriteria yang tidak menguntungkan.

8. Menghitung Utilitas Kuantitatif

Utilitas kuantitatif diterapkan sebagai dasar dalam mencari peringkat akhir. Adapun perhitungan utilitas kuantitatif dengan menggunakan rumus berikut :

$$U_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \times 100\% \tag{2.21}$$

dengan,

$i = 1, 2, \dots, m$ dan m menyatakan jumlah alternatif.

Q_i menyatakan kepentingan relatif untuk setiap alternatif ke- i .

$$Q_{max} = \max \{Q_i\}.$$

9. Membuat Peringkat Alternatif

Peringkat setiap alternatif disusun sesuai dengan nilai utilitas kuantitatifnya. Alternatif dengan nilai utilitas kuantitatif paling tinggi akan memperoleh peringkat pertama.

FUZZY INTUSIONISTIK SWARA-COPRAS

Metode IF-SWARA-COPRAS adalah pendekatan pengambilan keputusan multi-kriteria (MCDM) yang menggabungkan logika *Intuitionistic Fuzzy* (IF), metode SWARA (*Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis*), dan metode COPRAS (*Complex Proportional Assessment*). Gabungan metode ini dirancang untuk menangani masalah kompleks yang melibatkan ketidakpastian, preferensi subjektif, serta kriteria yang saling bersaing.

Langkah-langkah yang digunakan Fuzzy intusionistik SWARA-COPRAS dengan menggunakan metode fuzzy intusionistik COPRAS dengan mengkombinasikan fuzzy intusionistik SWARA dalam mencari bobot kriteria, dapat didefinisikan sebagai berikut (Arunodaya dkk, 2020)

1. Mendefinisikan Alternatif dan kriteria

Menentukan sejumlah alternatif $A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_m\}$ yang akan dievaluasi dan

sejumlah kriteria $C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}$. Membentuk para responden $R = \{R_1, R_2, \dots, R_l\}$ untuk melakukan evaluasi terhadap alternatif yang paling optimal

2. Menentukan bobot responden

Memberikan bobot pada setiap responden yang dinyatakan dalam nilai fuzzy intusionistik (IFNs) dalam bentuk μ, ν, π

Rumus bobot responden dari setiap responden ke- k adalah

$$\omega_k = \frac{\left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k} \right) \right)}{\sum_{n=1}^l \left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k} \right) \right)} \tag{2.22}$$

dengan :

μ_k merupakan derajat keanggotaan untuk setiap responden k

ν_k merupakan derajat keanggotaan untuk setiap responden k

π_k merupakan derajat keanggotaan untuk setiap responden k

3. Membangun matrik keputusan fuzzy intusionistik agregat

Menggunakan operator bobot intusionistik untuk menggabungkan nilai keputusan dari para responden Menghitung nilai agregat untuk setiap alternatif dan kriteria sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \eta_{ij} &= IFWA_{\omega} \left(w_{j_1}, w_{j_2}, \dots, w_{j_f} \right) \\ &= \bigoplus_{k=1}^f \omega_k \xi_k \\ &= \left(1 - \prod_{k=1}^f (1 - \mu_k)^{\omega_k}, \prod_{k=1}^f \nu_k^{\omega_k}, \prod_{k=1}^f (1 - (\mu_k + \nu_k))^{\omega_k} \right) \end{aligned} \tag{2.23}$$

dengan :

ω_k menyatakan bobot responden ke- k

μ_k menyatakan derajat keanggotaan responden ke- k terkait penilaian alternatif ke- i dan kriteria ke- j

ν_k merupakan derajat keanggotaan responden ke- k terkait penilaian alternatif ke- i dan kriteria ke- j

π_k merupakan derajat keragu-raguan responden ke- k terkait penilaian alternatif ke- i dan kriteria ke- j

4. Menghitung bobot kriteria dengan metode Fuzzy Intusionistik SWARA

Langkah 1 Menghitung nilai $S^*(C_j)$. Nilai skor $S^*(C_j)$ dari IFN diperoleh dengan menggunakan rumus

$$S^*(C_j) = \frac{1}{2}(S(C_j) + 1) \quad (2.24)$$

dengan $S(C_j) = \mu_j - \nu_j$

Langkah 2 Mengurutkan kriteria berdasarkan preferensi responden dari yang paling penting

Langkah 3 Menghitung nilai komparatif S_l untuk setiap kriteria- m terurut menggunakan rumus berikut.

$$S_l = \begin{cases} 0, & l = 1 \\ S^*(C_l) - S^*(C_{l-1}), & l > 1 \end{cases} \quad (2.25)$$

Langkah 4 Menghitung koefisien komparatif k_j untuk kriteria j dengan rumus berikut

$$K_l = \begin{cases} 1, & l = 1 \\ S_l + 1, & l > 1 \end{cases} \quad (2.26)$$

dengan :

S_l = perbedaan kepentingan relatif dari kriteria ke- l dengan kriteria sebelumnya

Langkah 5 menghitung bobot relatif kriteria dengan menggunakan rumus berikut

$$q_l = \begin{cases} 1, & l = 1 \\ \frac{q_{l-1}}{K_l}, & l > 1 \end{cases} \quad (2.27)$$

Langkah 6 menormalisasi bobot kriteria untuk mendapatkan bobot akhir ω_l

$$\omega_l = \frac{q_l}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (2.28)$$

5. Menghitung nilai agregat untuk kriteria menguntungkan dan tidak menguntungkan

Untuk kriteria menguntungkan

$M = \{x|x \text{ merupakan bilangan kriteria menguntungkan}\}$, menghitung nilai maksimum α_i untuk setiap alternatif

$$\alpha_i = \bigoplus_{n=1}^l \omega_j \eta_{ij} \quad (2.29)$$

Untuk kriteria tidak menguntungkan

$C = \{l|l \text{ merupakan bilangan kriteria tidak menguntungkan}\}$ menghitung nilai minimum β_i untuk setiap alternatif

$$\beta_i = \bigoplus_{n=1}^l \omega_j \eta_{ij} \quad (2.30)$$

6. Menghitung bobot relatif alternatif

Bobot relatif γ_i untuk setiap alternatif i dihitung dengan rumus berikut

$$\gamma_i = S^*(\alpha_i) + \frac{\min_i S^*(\beta_i) \sum_{i=1}^p S^*(\beta_i)}{\sum_{i=1}^m S^*(\beta_i) \sum_{i=1}^p \frac{\min S^*(\beta_i)}{S^*(\beta_i)}} \quad (2.31)$$

dimana :

$$S^*(\alpha_i) = \frac{1}{2}(S(\alpha_i) + 1) \text{ dimana } S(\alpha_i) = u_j - \nu_j$$

$$S^*(\beta_i) = \frac{1}{2}(S(\beta_i) + 1) \text{ dimana } S(\beta_i) = u_j - \nu_j$$

7. Menghitung Utilitas Kuantitatif

Utilitas kuantitatif diterapkan sebagai dasar dalam mencari peringkat akhir. Utilitas kuantitatif dapat diperoleh berdasarkan rumus berikut :

$$U_i = \frac{\gamma_i}{\gamma_{max}} \times 100\% \quad (2.32)$$

dengan,

$i = 1, 2, \dots, m$ dan m banyaknya alternatif.

γ_i menyatakan bobot relatif untuk masing-masing alternatif ke- i .

$$\gamma_{max} = \max \{\gamma_i\}$$

8. Menentukan Alternatif terbaik

Memilih alternatif berdasarkan nilai utilitas kuantitatif tertinggi selaku alternatif yang optimal.

METODE

JENIS DAN SUMBER DATA PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang berfokus pada pengumpulan data berbentuk numerik dan analisis statistik untuk menguji hipotesis dalam menjawab permasalahan dari penelitian. Sumber data yang dalam penelitian ini merupakan data primer, yaitu data yang didapat langsung dari responden berdasarkan kuesioner atau wawancara. Selanjutnya, data akan diolah berdasarkan langkah-langkah metode fuzzy intuisiistik SWARA-COPRAS.

SUBJEK PENELITIAN

Subjek penelitian yang akan digunakan minimal 50 responden. Responden tersebut berasal dari semua kalangan yang pernah menggunakan transportasi umum kota Surabaya. Data yang digunakan untuk alternatif yang digunakan yaitu sebanyak empat transportasi umum di Kota Surabaya yang meliputi Bus Surabaya dengan jalur utara-selatan, Trans Semanggi dengan jalur utara-selatan, Bus Double Decker dengan jalur utara-selatan, dan Feeder Wira-wiri Surabaya dengan jalur

FD03 dan FD07. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini, adalah faktor yang berkaitan dengan ekonomi, waktu dan efisiensi, kenyamanan dan kemudahan akses, keamanan dan keselamatan, lingkungan, dan kriteria teknologi dan inovasi.

TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu melalui kuesioner. Kuesioner merupakan metode pengambilan data melalui pemberian sejumlah pertanyaan kepada responden untuk dijawab (Yudiana dkk., 2020). Teknik ini digunakan untuk menilai kriteria dan alternatif yang akan digunakan. Kuesioner akan dibagikan secara langsung maupun online dengan menggunakan platform Gform.

TAHAPAN PENELITIAN

Teknik pengolahan data dalam penelitian ini adalah metode fuzzy intusionistik SWARA-COPRAS. Pada proses pengolahan data, terlebih dahulu melakukan perhitungan dengan bantuan Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Menentukan Alternatif dan Kriteria

Tabel 1. Alternatif transportasi umum Surabaya

Simbol	Alternatif
A ₁	Bus Suroboyo
A ₂	Trans Semanggi Surabaya
A ₃	Fedeer Wira-Wiri
A ₄	Suroboyo Bus Tumpuk

Pada Tabel 1 memuat daftar empat transportasi umum kota Surabaya yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2. Kriteria transportasi umum

Simbol	Kriteria
C ₁	Tarif perjalanan
C ₂	Kecepatan perjalanan
C ₃	Ketepatan waktu
C ₄	Akseibilitas transportasi
C ₅	Kapasitas penumpang
C ₆	Kepadatan penumpang
C ₇	Fasilitas transportasi
C ₈	Catatan kecelakaan/ laka lalu lintas
C ₉	Keamanan dalam perjalanan

C ₁₀	Keandalan pengemudi
C ₁₁	Dampak lingkungan
C ₁₂	Integrasi dengan sistem lain
C ₁₃	Kemudahan dalam pembayaran digital

Pada Tabel 2 berisi tiga belas kriteria yang dipergunakan pada penelitian ini.

2. Menentukan Kategori Responden

Berdasarkan tingkat frekuensi penggunaan, responden dikelompokkan ke dalam beberapa kategori. Kategori responden tersebut ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kategori responden

Frekuensi Penggunaan	Kategori
Penggunaan 1-3 kali	Jarang
Penggunaan 4-8 kali	Cukup Sering
Penggunaan 9-13 kali	Sering
Penggunaan >13 kali	Sangat Sering

Selanjutnya, kategori responden yang terdapat pada Tabel 3 dikonversi ke dalam *Intutionistic Fuzzy Number* (IFN), sebagaimana disajikan pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. IFN kategori responden

Kategori	IFN
Jarang	(0.20, 0.70, 0.10)
Cukup Sering	(0.40, 0.50, 0.10)
Sering	(0.70, 0.15, 0.05)
Sangat Sering	(0.90, 0.05, 0.05)

3. Penilaian Alternatif Terhadap Kriteria

Penilaian alternatif terhadap kriteria direpresentasikan ke dalam bentuk IFN yang ditampilkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 IFN penilaian alternatif terhadap kriteria

Linguistik	IFN
Tidak pernah	(0, 1, 0)
Sangat tidak terjangkau/ sangat lambat/sangat tidak tepat waktu/sangat sulit dijangkau/sangat sedikit/sangat padat/ sangat tidak memadai/ sangat sering terjadi kecelakaan/sangat tidak aman/sangat tidak handal/sangat berdampak buruk terhadap lingkungan/ sangat tidak terintegrasi/ sangat sulit dalam pembayaran digital	(0.10, 0.80, 0.10)
tidak terjangkau/lambat	(0.30, 0.60, 0.10)

Linguistik	IFN
/tidak tepat waktu/sulit dijangkau/sedikit/padat /tidak memadai/sering terjadi kecelakaan/tidak aman/tidak handal/ berdampak buruk terhadap lingkungan/ tidak terintegrasi/sulit dalam pembayaran digital	
cukup terjangkau/ cukup cepat/ cukup tepat waktu/ cukup mudah dijangkau/cukup /cukup padat/cukup memadai/ cukup jarang terjadi kecelakaan/cukup aman/cukup handal/ cukup berdampak terhadap lingkungan/ cukup terintegrasi/cukup mudah dalam pembayaran digital	(0.55, 0.40, 0.05)
terjangkau/cepat/ tepat waktu/mudah dijangkau /banyak/tidak padat/ memadai/jarang terjadi kecelakaan/aman/handall/berdampak kecil terhadap lingkungan/ terintegrasi/mudah dalam pembayaran digital	(0.75, 0.20, 0.05)

4. Penilaian Antar Kriteria

Penilaian antar kriteria direpresentasikan kedalam bentuk IFN yang ditampilkan dalam Tabel 6 berikut.

Tabel 6. IFN penilaian antar kriteria

Linguistik	IFN
STP	(0.10, 0.80, 0.10)
TAPI	(0.30, 0.60, 0.10)
CP	(0.55, 0.40, 0.05)
P	(0.75, 0.20, 0.05)
SP	(0.90, 0.05, 0.05)

5. Menentukan Bobot Responden

Bobot responden ditentukan berdasarkan kategori responden dengan menggunakan IFN yang tercantum pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4 dan dengan menerapkan Persamaan 2.22, diperoleh hasil perhitungan bobot responden sebagai berikut:

Tabel 7: Bobot responden

Bobot Responden	Nilai
ω_{Jarang}	0.00589
$\omega_{Cukup\ sering}$	0.01179
ω_{Sering}	0.01966
$\omega_{Sangat\ sering}$	0.02512

6. Membangun Matriks Agregat Keputusan Fuzzy Intusionistik

a. Membangun matriks agregat alternatif terhadap kriteria (Matriks R)

Matriks R merepresentasikan penilaian agregat dari semua responden terhadap masing-masing alternatif pada setiap kriteria. Penilaian setiap responden terhadap setiap alternatif dihitung berdasarkan persamaan 2.23. Berikut hasil dari matriks R:

Tabel 8. Matriks agregat alternatif terhadap kriteria

	A1
C1	(0.2192, 0.7032, 0.0776)
C2	(0.5634, 0.3811, 0.0556)
C3	(0.5711, 0.3765, 0.0524)
C4	(0.5787, 0.3671, 0.0541)
C5	(0.6755, 0.2636, 0.0609)
C6	(0.4498, 0.4974, 0.0528)
C7	(0.6345, 0.3046, 0.0609)
C8	(0.5922, 0.3533, 0.0544)
C9	(0.6144, 0.3281, 0.0575)
C10	(0.6376, 0.3121, 0.0503)
C11	(0.6225, 0.3192, 0.0583)
C12	(0.6643, 0.2790, 0.0567)
C13	(0.7112, 0.2227, 0.0661)
	A2
C1	(0.2129, 0.7090, 0.0781)
C2	(0.5642, 0.3816, 0.0542)
C3	(0.5599, 0.3834, 0.0567)
C4	(0.5307, 0.4076, 0.0617)
C5	(0.6120, 0.3280, 0.0600)
C6	(0.4803, 0.4669, 0.0529)
C7	(0.6004, 0.3369, 0.0627)
C8	(0.5513, 0.3850, 0.0637)
C9	(0.5767, 0.3659, 0.0574)
C10	(0.5766, 0.3673, 0.0561)
C11	(0.5753, 0.3514, 0.0734)
C12	(0.4043, 0.5269, 0.0688)

C13	(0.6566, 0.2698, 0.0737)
A3	
C1	(0.2239, 0.6963, 0.0798)
C2	(0.6709, 0.2646, 0.0645)
C3	(0.5430, 0.3981, 0.0589)
C4	(0.7491, 0.1800, 0.0709)
C5	(0.4849, 0.4498, 0.0654)
C6	(0.4309, 0.5050, 0.0642)
C7	(0.5501, 0.3950, 0.0549)
C8	(0.4534, 0.4610, 0.0856)
C9	(0.6030, 0.3347, 0.0623)
C10	(0.5924, 0.3457, 0.0620)
C11	(0.5289, 0.4062, 0.0649)
C12	(0.6466, 0.2958, 0.0576)
C13	(0.7403, 0.1853, 0.0744)
A4	
C1	(0.1862, 0.7528, 0.0610)
C2	(0.4493, 0.4973, 0.0534)
C3	(0.5027, 0.4413, 0.0560)
C4	(0.2776, 0.6579, 0.0645)
C5	(0.6239, 0.2926, 0.0835)
C6	(0.5182, 0.4225, 0.0593)
C7	(0.4865, 0.4527, 0.0607)
C8	(0.5486, 0.3835, 0.0678)
C9	(0.5252, 0.4172, 0.0575)
C10	(0.5328, 0.4063, 0.0609)
C11	(0.4207, 0.5271, 0.0522)
C12	(0.2997, 0.6331, 0.0671)
C13	(0.5066, 0.4238, 0.0695)

- b. Membangun matriks agregat antar kriteria (Matriks W)

Matriks W merepresentasikan penilaian agregat dari semua responden terhadap setiap kriteria. Penilaian dari setiap responden terhadap masing-masing kriteria dihitung menggunakan Persamaan 2.23. Hasil perhitungan matriks W ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 9. Matriks agregat penilaian antar kriteria

	Nilai Intusionistik
C1	(0.8291, 0.1119, 0.0590)
C2	(0.7484, 0.1870, 0.0646)
C3	(0.8313, 0.1098, 0.0589)

	Nilai Intusionistik
C4	(0.7910, 0.1473, 0.0617)
C5	(0.7750, 0.1635, 0.0615)
C6	(0.7735, 0.1626, 0.0639)
C7	(0.8250, 0.1154, 0.0596)
C8	(0.8177, 0.1214, 0.0609)
C9	(0.8364, 0.1048, 0.0588)
C10	(0.8105, 0.1290, 0.0605)
C11	(0.7637, 0.1708, 0.0655)
C12	(0.7088, 0.2141, 0.0771)
C13	(0.8440, 0.0964, 0.0596)

7. Menentukan Bobot Kriteria dengan Menggunakan Metode Fuzzy Intusionistik SWARA

- a. Menghitung Nilai ($S^*(C_j)$)

Nilai ($S^*(C_j)$) dari matriks agregat dihitung matriks agregat kriteria pada Tabel 4.15 dengan menggunakan persamaan 2.24. Berikut hasil perhitungannya.

Tabel 10. Nilai ($S^*(C_j)$) terhadap kriteria

Kriteria	Nilai
C1	0,858652
C2	0,780712
C3	0,860779
⋮	⋮
C13	0,873796

- b. Mengurutkan Kriteria

Mengurutkan kriteria berdasarkan nilai $S^*(C_j)$ dari kriteria terbesar berdasarkan Tabel 4.16. Hasil urutan tersebut disajikan pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Urutan Nilai $S^*(C_j)$

Kriteria	Nilai
C13	0,873796
C9	0,865802
C3	0,860779
⋮	⋮
C12	0,747367

- c. Menghitung Nilai Komparatif (S_i)

Nilai komparatif (S_i) dilakukan berdasarkan perhitungan hasil pengurutan nilai $S^*(C_j)$ yang terdapat pada Tabel 4.11 dengan Persamaan (2.25), sehingga dapat merepresentasikan perbandingan tingkat

kepentingan antar kriteria. Berikut hasil perhitungan

Tabel 12 Nilai Komparatif

	Nilai Komparatif
S_1	0,000
S_2	0,0080
S_3	0,0050
\vdots	\vdots
S_{13}	0,0333

d. Menghitung Koefisien Komparatif (k_i)

Koefisien komparatif (k_i) untuk setiap kriteria dihitung berdasarkan nilai komparatif (S_i) pada Tabel 12 dengan menggunakan persamaan 2.26. Berikut hasil perhitungan koefisien komparatif.

Tabel 13. Koefisien Komparatif

	Koefisien Komparatif
k_1	1,000
k_2	1,0080
k_3	1,0050
\vdots	\vdots
k_{13}	1,0333

e. Menghitung Bobot Relatif Kriteria

Bobot relatif kriteria untuk semua kriteria dihitung berdasarkan Tabel 13 dengan menggunakan persamaan 2.27. Berikut hasil perhitungan bobot relatif setiap kriteria

Tabel 14. Bobot Relatif Kriteria

	Bobot Relatif Kriteria
q_1	1,0000
q_2	0,9921
q_3	0,9871
\vdots	\vdots
q_{13}	0,8822

f. Menormalisasi Bobot Kriteria

Menormalisasi bobot kriteria untuk mendapatkan bobot akhir dengan menggunakan persamaan 2.28. Berikut hasil perhitungan.

Tabel 15. Normalisasi Bobot Kriteria

	Bobot Kriteria
ω_1	0,08048
ω_2	0,07984
ω_3	0,07944
\vdots	\vdots
ω_{13}	0,07100

8. Menghitung Nilai Agregat Untuk Kriteria Menguntungkan dan Tidak Menguntungkan

Pada penelitian ini, kriteria menguntungkan meliputi kriteria kecepatan perjalanan (C2), ketepatan waktu (C3), aksesibilitas transportasi (C4), kapasitas penumpang (C5), kepadatan penumpang (C6), fasilitas transportasi (C7), Catatan kecelakaan (C8), keamanan dalam perjalanan (C9), keandalan pengemudi (C10), dampak lingkungan (C11), integrasi dengan sistem lain (C12), dan kemudahan dalam pembayaran digital (C13). Sedangkan kriteria tidak menguntungkan meliputi kriteria tarif perjalanan (C1). Kriteria menguntungkan dan tidak menguntungkan berdasarkan Tabel 8 dengan menggunakan persamaan (2.29) dan persamaan (2.30). Berikut hasil perhitungan kriteria menguntungkan dan tidak menguntungkan.

Tabel 16. IFN Kriteria menguntungkan dan tidak menguntungkan

	Menguntungkan (α_i)
A1	(0.58467, 0.34737, 0.06796)
A2	(0.5332, 0.39287, 0.0729)
A3	(0.56578, 0.35509, 0.07913)
A4	(0.45621, 0.47007, 0.07372)
	Tidak Menguntungkan (β_i)
A1	(0.01942, 0.97247, 0.00811)
A2	(0.01880, 0.97311, 0.00809)
A3	(0.019897, 0.97171, 0.00839)
A4	(0.01620, 0.97775, 0.006054)

9. Menghitung Nilai ($S^*(\alpha_i)$) Untuk Kriteria Menguntungkan dan Nilai ($S^*(\beta_i)$) Tidak Menguntungkan

Pada langkah ini, berdasarkan pada Tabel 16 dilakukan perhitungan pada IFN kriteria menguntungkan dan tidak menguntungkan dengan menggunakan persamaan 2.24. Berikut hasil perhitungan nilai $S^*(\alpha_i)$ dan $S^*(\beta_i)$.

Tabel 17. Nilai $S^*(\alpha_i)$ dan $S^*(\beta_i)$

	$S^*(\alpha_i)$	$S^*(\beta_i)$
A1	0,618653678	0,023473065
A2	0,569665939	0,022843733
A3	0,605344763	0,02409357

	$S^*(\alpha_i)$	$S^*(\beta_i)$
A4	0,493069653	0,019228216

10. Menghitung Bobot Relatif

Bobot relatif (γ_i) diperoleh dari hasil perhitungan kriteria menguntungkan dan kriteria tidak menguntungkan pada Tabel 17 dan dihitung berdasarkan persamaan 2.31 untuk setiap alternatif. Berikut hasil perhitungan bobot relatif.

Tabel 18. Nilai Bobot Relatif

	Nilai Bobot Relatif
A1	0,872639145
A2	0,830648563
A3	0,8527891
A4	0,803125327

11. Utilitas Kuantitatif

Utilitas kuantitatif diperoleh dari hasil perhitungan nilai bobot relatif yang direpresentasikan pada Tabel 4.22 dan dihitung berdasarkan persamaan 2.32. Berikut hasil utilitas kuantitatif.

Tabel 19. Nilai Utilitas Kuantitatif

	l_i
A1	100%
A2	95,2%
A3	97,7%
A4	92%

12. Perankingan

Tabel 19 dipergunakan untuk memperoleh peringkat masing-masing alternatif. Alternatif dengan nilai utilitas kuantitatif tertinggi akan menempati peringkat paling atas. Adapun hasil pemeringkatan adalah sebagai berikut.

Tabel 20. Urutan Alternatif

Peringkat	Alternatif	l_i
1	A1	100%
3	A2	95,2%
2	A3	97,7%
4	A4	92%

Berdasarkan Tabel 20, alternatif Bus Suroboyo (A1) menempati peringkat 1 karena memperoleh nilai utilitas kuantitatif tertinggi yaitu sebesar 100%. Kemudian diikuti oleh Feeder Wira-wiri, (A3), Trans Semanggi (A2), dan Bus Tumpuk Suroboyo (A4).

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pemilihan transportasi umum terbaik pada trayek Terminal Joyoboyo sampai Pusat Kota Surabaya dengan menggunakan metode Fuzzy Intusionistik SWARA-COPRAS dapat disimpulkan kriteria dalam pembayaran digital merupakan kriteria utama yang perlu diperhatikan dalam pemilihan transportasi umum karena memperoleh bobot tertinggi yaitu 0,08048. Selanjutnya terkair pengurutan alternatif berdasarkan metode fuzzy intusionistik SWARA-COPRAS diperoleh hasil yaitu alternatif Bus Suroboyo menempati peringkat teratas dengan nilai utilitas tertinggi sebesar 100%. Dilanjutkan oleh alternatif Feeder Wira-wiri menempati peringkat 2 dengan nilai utilitas sebesar 97,7%. Alternatif Trans Semanggi memperoleh peringkat ke 3 dengan nilai utilitas sebesar 95,2% dan alternatif Bus Tumpuk Suroboyo memperoleh peringkat 4 dengan nilai utilitas sebesar 92%.

SARAN

Pada riset berikutnya,, disarankan agar kajian mengenai pemilihan transportasi umum tidak hanya berfokus pada kriteria dan alternatif yang terbatas, melainkan dapat menambahkan variabel kriteria yang lebih komprehensif. Penambahan variabel ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih luas bagi konsumen maupun pemangku kebijakan dalam menilai kualitas transportasi umum secara menyeluruh.

Dari sisi metodologi, penelitian berikutnya dapat mengkombinasikan metode Fuzzy Intuitionistic SWARA-COPRAS dengan metode pengambilan keputusan multikriteria lainnya, seperti TOPSIS, AHP, ANP, maupun DEMATEL, untuk menguji konsistensi hasil serta memperkaya perspektif analisis. Dengan pendekatan tersebut, penelitian selanjutnya tidak hanya memperluas wawasan teoretis mengenai penerapan metode fuzzy intuitionistic dalam pengambilan keputusan, tetapi juga meningkatkan nilai praktis penelitian sebagai dasar bagi perencanaan transportasi yang lebih adaptif, inklusif, dan berorientasi pada kebutuhan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Atanassov, K. T., 1999. *Intuitionistic fuzzy sets*. Springer.
- Detikjatim (2025, March 30) <https://www.detik.com/jatim/wisata/d-7119875/jadwal-dan-rute-suroboyo-bus-untuk-januari-2024>
- Hu. Lei, Yu. Qianyi, Jana. C., Simic. Vladimir, dan Bim-Mohsin. B., 2024. *An Intusionistic Fuzzy SWARA-AROMAN Decision-Making Framework for Sports Event Management*. IEEE Access. Vol 12
- Juarsa, R. P., 2018. Peningkatan kinerja perencanaan proyek dengan menggunakan metode fuzzy intuisiionistik.
- Kiani Mavi, R., Goh, Mark., dan Zarbakhshnia, N., 2017. *Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry*. doi. 10.1007/s00170-016-9880-x
- Lumban Gaol, Lia Ciky. dan Astuti Hasibuan, Nelly., 2018. Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Team Leader Shift Terbaik dengan menggunakan Metode ARAS Studi Kasus PT Anugrah Busana Indah, 216957817
- Mesran, A., Ramadhani, P., Nasution, A., Siregar, D., Fadlina, F., dan Siahaan, A., 2017. *Implementation of complex proportional assessment method in the selection of mango seeds*. *Int. J. Sci. Res. Sci. Technol*, 3, 397–402
- Miro, Fadel. (2005). *Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Erlangga.
- Nurkarimah, D., dan Yunianti, D. N., 2023. Penerapan metode fuzzy topsis intuisiionistik dalam pemilihan maskapai penerbangan terfavorit di bandara juanda surabaya. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(03), 391–400.
- Nurwananda, S. S., dan Sulaiman, R., 2022. Aplikasi himpunan fuzzy intuisiionistik dalam diagnosa penyakit hepatitis menggunakan extended hausdorff distance. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 10(1), 41–49.
- Pratama, F. L., 2023. Implementasi Metode Intusionistik Fuzzy Sets dengan Jarak Euclidean Ternormalisasi dalam Pemilihan Aplikasi Marketplace Aset Kripto Terbaik (Studi Kasus: Pengguna JABODETABET). Disertasi, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
- Pratiwi, H., 2016. Sistem pendukung keputusan. *Yogyakarta: deepublish*.
- R. Ahmad., 2018. Penggunaan Sistem Pendukung Keputusan dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam Menyeleksi Kelayakan Penerima Beasiswa
- Raj Mishra. A., Rani. Pratibha, Pandey. Kiran, Mardani. Abbas, Streimikis. Justas, Streimikis. Calia, dan Alrasheedi. Melfi. 2020. *Novel multi-criteria intusionistic fuzzy SWARA-COPRAS approach of sustainability evaluation of the bioenergy production process*. Sustainability. doi:10.3390/su12104155
- Selçuk Perçin, (2019) "An integrated fuzzy SWARA and fuzzy AD approach for outsourcing provider selection", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 30 Issue: 2, pp.531-552, <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0247>
- Schitea, D., Deveci, M., Iordache, M., Bilgili, K., Akyurt, I. Z., dan Iordache, I., 2019. Hydrogen mobility roll-up site selection using intuitionistic fuzzy sets based waspas, copras and edas. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(16), 8585– 8600.
- Sulaiman, R., Artiono, R., dan Rahajeng, B., 2022. Menentukan topik skripsi mahasiswa dengan menggunakan relasi fuzzy intuisiionistik. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 19(1), 8–17.
- Wahyuningsih, T., Ristono, Agus., Muhsin, A., 2022. Integrasi SWARA dan ARAS untuk Pemilihan Pemasok. Yogyakarta. LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Warpani, S. (2002). *Merencanakan Sistem Perangkutan*. Bandung: ITB.