

Evaluation of Waterpark Performance Using Distance Measure on Pythagorean Fuzzy Sets

Evaluasi Kinerja *Waterpark* Menggunakan *Distance Measure* pada *Pythagorean Fuzzy Set*

Amaluddin*¹, Agung Sutrisno², Lilis Dwi Sapta Aprilyani³

^{1,3}Department of Mathematics, Sam Ratulangi University

²Department of Industrial Engineering, Sam Ratulangi University

Email: ¹amaluddin@unsrat.ac.id, ²agungsutrisno@unsrat.ac.id, ³lilisdwisapta@unsrat.ac.id

*Corresponding author

Abstract

The rapid growth of the tourism industry, particularly in waterparks, necessitates a comprehensive evaluation to enhance customer satisfaction and competitiveness. This study aims to evaluate the performance of waterparks in Manado City using the Distance Measure method on Pythagorean Fuzzy Sets (PFS). Data were collected through questionnaires from 100 visitors across four waterparks: Lomnan, Mercy, Citraland, and Paradise. The findings reveal that Citraland Waterpark achieved the highest relative similarity score of 0.5234, followed closely by Lomnan Waterpark at 0.51990 and Mercy Waterpark at 0.51949, while Paradise Waterpark ranked last with a score of 0.4762. Further analysis indicates that Citraland Waterpark excels in nearly all evaluation attributes, including service quality and cleanliness. This research demonstrates the effectiveness of applying Distance Measure on PFS in addressing uncertainties in subjective customer assessments, providing valuable insights for waterpark managers to enhance service quality. Future research is recommended to expand the study to include additional waterparks and evaluation attributes for a more comprehensive analysis.

Keywords: *Waterpark, Pythagorean Fuzzy Set, Distance Measure, Performance Evaluation*

Abstrak

Pertumbuhan industri pariwisata, khususnya *waterpark*, memerlukan evaluasi yang komprehensif untuk meningkatkan kepuasan pelanggan dan daya saing. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *waterpark* di Kota Manado dengan menggunakan metode *Distance Measure* pada *Pythagorean Fuzzy Set* (PFS). Metode yang digunakan melibatkan pengumpulan data kuesioner dari 100 pengunjung di empat *waterpark*, yaitu Lomnan, Mercy, Citraland, dan Paradise. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Citraland *Waterpark* memiliki nilai kemiripan relatif tertinggi sebesar 0,5234, diikuti oleh Lomnan *Waterpark* (0,51990) dan Mercy *Waterpark* (0,51949), sementara Paradise *Waterpark* berada di posisi terakhir dengan nilai 0,4762. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa Citraland *Waterpark* unggul dalam hampir semua atribut evaluasi, termasuk pelayanan dan kebersihan. Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan *Distance Measure* pada PFS efektif dalam menangani ketidakpastian dalam penilaian subjektif pelanggan, serta memberikan masukan



berharga bagi pengelola waterpark untuk meningkatkan kualitas layanan. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah memperluas objek penelitian dan menambahkan atribut evaluasi lain untuk analisis yang lebih komprehensif.

Kata kunci: *Waterpark, Pythagorean Fuzzy Set, Distance Measure, Evaluasi Kinerja*

1. PENDAHULUAN

Industri pariwisata, khususnya tempat wisata jenis *waterpark*, mengalami pertumbuhan signifikan di Indonesia. *Waterpark* menjadi destinasi favorit keluarga untuk menghabiskan waktu berkualitas, terutama di kota-kota besar seperti Manado. Dengan meningkatnya kompetisi antar penyedia layanan *waterpark*, evaluasi kinerja yang komprehensif dan objektif menjadi kebutuhan krusial bagi pengelola untuk mempertahankan daya saing dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Evaluasi kinerja *waterpark* melibatkan berbagai aspek yang kompleks dan saling terkait, seperti kualitas pelayanan, kondisi fasilitas, standar kebersihan, dan tingkat keamanan. Penilaian terhadap aspek-aspek ini seringkali mengandung ketidakpastian dan ambiguitas karena bersifat subjektif dan bergantung pada persepsi individual pengunjung. Metode evaluasi konvensional seringkali gagal menangkap kompleksitas dan ketidakpastian inheren dalam penilaian kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, diperlukan metode evaluasi yang dapat mengukur ketidakpastian ini secara lebih akurat dan efisien.

Teori *Fuzzy set* diperkenalkan oleh Zadeh [23] pada tahun 1965. Teori tersebut telah memberikan kerangka kerja untuk menangani ketidakpastian dalam pengambilan keputusan. Atanassov [1] memperluas konsep ini dengan memperkenalkan *Intuitionistic Fuzzy Sets (IFS)* yang mempertimbangkan derajat keanggotaan dan non-keanggotaan secara simultan. Menurut Yager [20] dan Yager & Abbasov [22], *IFS* memiliki keterbatasan pada area yang dapat diterima, yaitu jumlah derajat keanggotaan (μ) dan non-keanggotaan (ν) harus kurang dari atau sama dengan satu ($\mu + \nu \leq 1$).

Untuk mengatasi keterbatasan *IFS*, Yager [21] memperkenalkan *Pythagorean Fuzzy Sets (PFS)* yang memperluas area yang dapat diterima dengan kondisi $\mu^2 + \nu^2 \leq 1$. *PFS* memberikan ruang lingkup yang lebih luas dalam merepresentasikan ketidakpastian dan terbukti efektif untuk menyelesaikan berbagai masalah dalam pengambilan keputusan, seperti yang telah diteliti oleh Garg [4], Peng & Garg [13], Peng & Yang [14], dan Reformat & Yager [15].

Distance measure merupakan alat fundamental dalam *PFS* untuk mengukur perbedaan atau kesamaan antara dua himpunan fuzzy. Li dan Zeng [10] memberikan berbagai jenis *distance measures* untuk *PFS* dan *Pythagorean fuzzy numbers (PFN)*. Peng [12] mengenalkan konsep *distance measures* dan *similarity measures* baru yang diaplikasikan pada *pattern recognition*. Penggunaan *Distance measure* pada *PFS* yang diaplikasikan dalam pengambilan keputusan (MCDM dan MADM) telah memberikan hasil yang baik, seperti yang diteliti oleh Chen [2], Ejegwa [3], Hussian dan Yang [7], dan Xiao & Ding [19]. Selain itu, Kumar dkk [8] mengembangkan konsep *distance measure* baru untuk *Pythagorean Fuzzy Sets (PFS)* dengan memanfaatkan konsep Kullback-Leibler (K-L) *divergence*. Liu [9] memperkenalkan *distance measure* baru untuk *Pythagorean Fuzzy Sets* yang terinspirasi dari Hellinger *distance measure*. Thakur dkk [18] melakukan studi komprehensif tentang *distance metrics* untuk *Pythagorean Fuzzy Sets* dan aplikasinya dalam pengambilan keputusan. Penelitian ini berfokus pada pengembangan *distance measure* yang memiliki formula lebih sederhana namun tetap efektif dalam menangani kompleksitas decision-making problems. Lebih lanjut, Singh dan Bisht [17] mengembangkan metodologi inovatif yang mengintegrasikan Analytic Network Process (ANP) dengan tiga metode *Multi-Criteria*

Decision Making (MCDM), yaitu TOPSIS, VIKOR, dan SAW dalam lingkungan *Pythagorean Fuzzy Sets* untuk evaluasi kualitas layanan rumah sakit.

Mahanta dan Panda [11] mengembangkan *distance measure* baru untuk *PFS* yang memiliki keunggulan dalam menangani *PFS* dengan derajat ketidakpastian tinggi dan memiliki bentuk matematis yang sederhana. Penelitian mereka menunjukkan superioritas metode yang diusulkan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam pemilihan sekolah swasta dan seleksi masker antivirus di masa pandemi COVID-19. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa metode yang diusulkan lebih sensitif dalam mendeteksi perbedaan yang kecil.

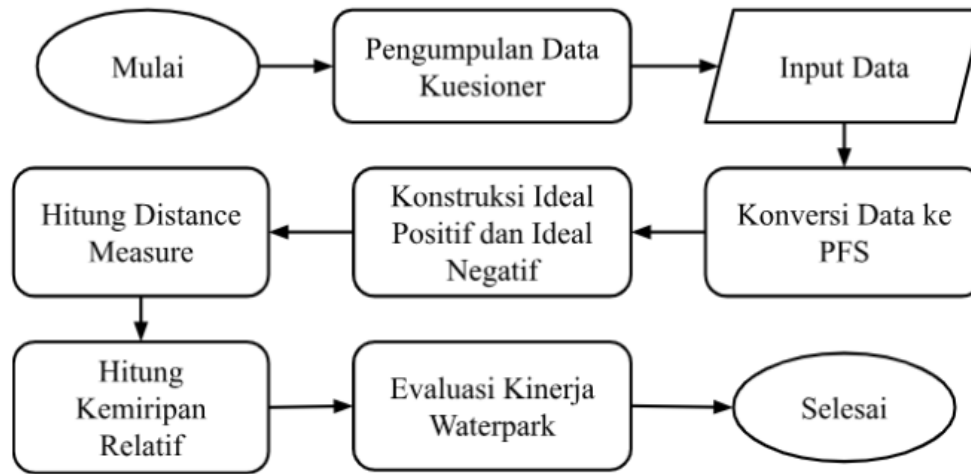
Kota Manado merupakan salah satu kota pariwisata di Indonesia, terlebih karena memiliki salah satu Destinasi Pariwisata Super Prioritas, yaitu Likupang. Untuk mendukung destinasi pariwisata ini, maka diperlukan adanya daya tarik pendukung pariwisata. Pariwisata jenis Waterpark dapat menjadi daya tarik pendukung pariwisata yang kuat karena memberikan pengalaman wisata yang murah, aman dan menyenangkan, terutama untuk keluarga yang memiliki anak kecil. Selain itu, Waterpark dapat menjadi pilihan wisata saat cuaca buruk. Waterpark juga dapat membuka banyak lapangan pekerjaan sehingga dapat berkontribusi untuk menekan angka pengangguran di kota ini. Di Kota Manado terdapat beberapa *waterpark* yang beroperasi, di antaranya yaitu Lomban *Waterpark*, Mercy *Waterpark*, Citraland *Waterpark*, dan Paradise *Waterpark*. Masing-masing *waterpark* memiliki karakteristik dan keunggulan tersendiri. Di sisi lain, terdapat *waterpark* yang sudah tutup karena tidak mampu bersaing dengan *waterpark* yang lain. Daya saing antar *waterpark* harus diperhatikan agar tetap bertahan dan berkembang. Daya saing tersebut dapat diukur dengan adanya evaluasi kinerja. Tetapi belum ada metode evaluasi kinerja yang dilakukan secara objektif. Evaluasi yang objektif terhadap kinerja *waterpark-waterpark* ini diperlukan untuk memberikan informasi bagi calon pengunjung dan masukan bagi pengelola untuk meningkatkan kualitas layanan.

Berdasarkan beberapa uraian diatas, penulis tertarik melakukan penelitian yang berjudul "Penerapan *Distance Measure* pada *Pythagorean Fuzzy Set* untuk evaluasi kinerja tempat wisata jenis *waterpark*". Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja tempat wisata berdasarkan beberapa kriteria (atribut) dengan menggunakan *distance measure* pada *Pythagorean Fuzzy Set*. Kriteria-kriteria (atribut-atribut) yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain pelayanan pelanggan, fasilitas, kebersihan, dan keamanan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data kuesioner yang diambil dari 100 orang pengunjung pada empat *waterpark* di Kota Manado, yaitu Lomban *Waterpark*, Mercy *Waterpark*, Citraland *Waterpark*, dan Paradise *Waterpark*. Menurut Hair dkk [5], ukuran sampel 100 umumnya memadai untuk sebagian besar situasi penelitian, terutama untuk analisis regresi sederhana yang memerlukan minimal 50 sampel dan umumnya 100 sampel. Selain itu, ukuran sampel ini sesuai dengan praktik penelitian serupa di bidang pariwisata yang menggunakan jumlah sampel yang sama. Sinaga dkk [16] dalam penelitian evaluasi kualitas pelayanan hotel menggunakan 100 responden dengan metode PLS-SEM dan menghasilkan temuan yang valid dan reliabel. Demikian pula, penelitian yang dilakukan oleh Hidayat dan Pudjoprastyono [6] tentang keputusan untuk membeli tiket pesawat Garuda Indonesia yang menggunakan 80 responden yang berdasarkan pada *Ferdinand's theory*. Dengan *response rate* yang tinggi dan sampling yang representatif, ukuran sampel ini (100 sampel) dianggap memadai untuk mencapai tujuan penelitian evaluasi kinerja *waterpark*. Lebih lanjut, data yang diambil tersebut menggunakan skala Likert 1-5.

Data yang terkumpul tersebut kemudian dikonversi ke *Pythagorean Fuzzy Set*. Selanjutnya dilakukan evaluasi kinerja *waterpark* berdasarkan data yang dikonversi tersebut. Metode evaluasi kinerja yang digunakan adalah *Distance Measure* pada *Pythagorean Fuzzy Set* yang dikembangkan oleh Mahanta dan Panda [11]. Adapun alur metode penelitian dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Alur Metode Penelitian

2.1 Pythagorean Fuzzy Set

Berikut ini diberikan definisi *Pythagorean Fuzzy Set* menurut Yager [21].

Definisi 2.1.1 Misalkan X adalah semesta pembicaraan yang terbatas. *Pythagorean Fuzzy Set* (PFS) K pada X didefinisikan sebagai:

$$K = \{ \langle K_Y(x), K_N(x) \rangle \mid x \in X \}$$

dimana $K_Y: X \rightarrow [0,1]$ dan $K_N: X \rightarrow [0,1]$ masing-masing merupakan fungsi keanggotaan dan non-keanggotaan, sedemikian sehingga:

$$0 \leq K_Y^2(x) + K_N^2(x) \leq 1, \forall x \in X.$$

Derajat keraguan (*hesitancy degree*) diberikan oleh [11]:

$$K_H(x) = \sqrt{1 - K_Y^2(x) - K_N^2(x)} \quad (2.1)$$

Misalkan $PFS(X)$ merupakan kelas dari semua *Pythagorean Fuzzy Set* pada himpunan terbatas X . Menurut Yager [21], operasi-operasi berikut berlaku untuk setiap $K, L \in PFS(X)$.

- $K = L \Leftrightarrow K_Y(x) = L_Y(x)$ dan $K_N(x) = L_N(x), \forall x \in X$.
- $K \subseteq L \Leftrightarrow K_Y(x) \leq L_Y(x)$ dan $K_N(x) \geq L_N(x), \forall x \in X$.
- Komplemen dari K didefinisikan sebagai:

$$K^C = \{ \langle K_N(x), K_Y(x) \rangle \mid x \in X \}$$

- $K \cup L = \{ \langle \max[K_Y(x), L_Y(x)], \min[K_N(x), L_N(x)] \rangle \mid x \in X \}$
- $K \cap L = \{ \langle \min[K_Y(x), L_Y(x)], \max[K_N(x), L_N(x)] \rangle \mid x \in X \}$

2.2 Distance Measure Pada Pythagorean Fuzzy Set

Berikut ini diberikan definisi *Distance Measure* yang dikembangkan oleh Mahanta dan Panda [11].

Definisi 2.2.1 Diberikan semesta terbatas $X = \{x_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$. Misalkan K dan L masing-masing merupakan *Pythagorean Fuzzy Set* pada X . *Distance Measure* antara K dan L didefinisikan sebagai:

$$D(K, L) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|K_Y^2(x_i) - L_Y^2(x_i)| + |K_N^2(x_i) - L_N^2(x_i)|}{K_Y^2(x_i) + L_Y^2(x_i) + K_N^2(x_i) + L_N^2(x_i)} \quad (2.2)$$

dimana $K = \{ \langle K_Y(x_i), K_N(x_i) \rangle \mid x_i \in X \}$ dan $L = \{ \langle L_Y(x_i), L_N(x_i) \rangle \mid x_i \in X \}$.

Teorema 2.2.2 Misalkan $K_1, K_2 \in PFS(X)$. Distance Measure D memenuhi sifat-sifat berikut ini [11]:

- A. *Boundedness* : $0 \leq D(K_1, K_2) \leq 1$
- B. *Reflexivity* : $D(K_1, K_1) = 0$
- C. *Symmetry* : $D(K_1, K_2) = D(K_2, K_1)$
- D. *Separability* : $D(K_1, K_2) = 0$ jika dan hanya jika $K_1 = K_2$.

2.3 Algoritma Multi-Attribute Decision Making (MADM)

Untuk menyelesaikan masalah MADM pada *Pythagorean Fuzzy Set* dalam penelitian ini digunakan algoritma berikut ini [11]:

1. Representasikan alternatif-alternatif dalam *Pythagorean Fuzzy Set*. Misalnya

$$M_i = \{(M_Y^{(i)}(x_j), M_N^{(i)}(x_j)) \mid x_j \in X\} \quad (2.3)$$

dengan $M_Y^{(i)}$ dan $M_N^{(i)}$ berturut-turut merupakan derajat keanggotaan dan derajat bukan keanggotaan, dan i menyatakan banyaknya alternatif.

2. Konstruksikan alternatif ideal positif. Berikut ini diberikan cara mengonstruksi alternatif ideal positif.

$$M^+ = \cup_{i=1}^n M_i = \{\langle \max[M_Y^{(i)}(x_j)], \min[M_N^{(i)}(x_j)] \rangle\} \quad (2.4)$$

3. Konstruksikan alternatif ideal negatif. Berikut ini diberikan cara mengonstruksi alternatif ideal negatif.

$$M^- = \cap_{i=1}^n M_i = \{\langle \min[M_Y^{(i)}(x_j)], \max[M_N^{(i)}(x_j)] \rangle\} \quad (2.5)$$

4. Hitung bobot distance $D(M_i, M^+)$ dan $D(M_i, M^-)$ dengan vektor bobot:

$$w = \{w_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}. \quad (2.6)$$

Berikut ini diberikan interpretasi bobot distance.

$$D(K, L) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \frac{|K_Y^2(x_i) - L_Y^2(x_i)| + |K_N^2(x_i) - L_N^2(x_i)|}{K_Y^2(x_i) + L_Y^2(x_i) + K_N^2(x_i) + L_N^2(x_i)} \quad (2.7)$$

5. Hitung ukuran kemiripan dari tiap alternatif dengan alternatif ideal positif maupun alternatif ideal negatif. Ukuran kemiripan diberikan oleh

$$S(D) = 1 - D. \quad (2.8)$$

6. Hitung kemiripan relatif S_r dengan tiap alternatif, dengan rumus:

$$S_r(M_i) = \frac{S(D_+^{(i)})}{S(D_+^{(i)}) + S(D_-^{(i)})} \quad (2.9)$$

dengan $D_+^{(i)} = D(M_i, M^+)$ dan $D_-^{(i)} = D(M_i, M^-)$.

7. Ranking alternatif M_i berdasarkan urutan nilai $S_r(M_i)$. Nilai S_r terbesar berarti sebagai alternatif terbaik.

2.4 Metode Pengumpulan Data

2.4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di empat *waterpark* yang berada di Kota Manado, yaitu:

1. Lomban *Waterpark*
2. Mercy *Waterpark*
3. Citraland *Waterpark*
4. Paradise *Waterpark*

2.4.2 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian berupa kuesioner kepuasan pelanggan yang mencakup empat dimensi evaluasi, yaitu:

A. Pelayanan Pelanggan (A_1), dengan indikator:

- Keramahan dan kesopanan staf
- Kecepatan staf dalam memberikan layanan
- Kemudahan memperoleh informasi

B. Fasilitas (A_2), dengan indikator:

- Ketersediaan wahana permainan air yang beragam
- Kenyamanan ruang ganti, toilet, dan kamar bilas
- Fasilitas pendukung (tempat duduk, kantin, parkir, tempat sampah)

C. Kebersihan (A_3), dengan indikator:

- Kebersihan kolam renang dan area bermain
- Kebersihan toilet, ruang ganti, dan kamar bilas
- Kebersihan area umum

D. Keamanan (A_4), dengan indikator:

- Ketersediaan petugas keamanan dan *lifeguard*
- Keamanan barang bawaan pengunjung
- Ketersediaan papan petunjuk keselamatan

Setiap indikator dinilai menggunakan skala Likert 1-5, yaitu:

- 1 = Sangat Tidak Puas
- 2 = Tidak Puas
- 3 = Cukup Puas
- 4 = Puas
- 5 = Sangat Puas

2.4.3 Sampel Penelitian

Sampel penelitian ini bersumber kuesioner yang diberikan kepada pengunjung masing-masing waterpark. Total pengunjung tersebut adalah sebanyak 100 orang pengunjung. Untuk keperluan ilustrasi, dalam penelitian ini digunakan data agregat dari hasil survei yang dikonversi menjadi representasi *PFS*.

2.5 Konversi Data Kuesioner ke *PFS*

Data kuesioner dengan skala 1-5 dikonversi menjadi representasi *PFS* menggunakan metode normalisasi dengan langkah-langkah sebagai berikut [14]:

a. Hitung rata-rata skor per atribut

Untuk setiap *waterpark* dan setiap kriteria (atribut), hitung rata-rata skor dari semua indikator dalam atribut tersebut.

b. Normalisasi derajat keanggotaan (μ) dengan rumus :

$$\mu = \frac{\text{rata-rata skor} - 1}{4} \quad (2.10)$$

c. Hitung derajat non-keanggotaan (ν) dengan rumus :

$$\nu = \sqrt{(1 - \mu^2) \times \text{faktor ketidakpastian}} \quad (2.11)$$

dimana faktor ketidakpastian ditentukan berdasarkan variasi data dan tingkat konsistensi responden.

d. Verifikasi kondisi *PFS*, yaitu dengan memastikan bahwa $\mu^2 + \nu^2 \leq 1$ untuk setiap *PFS* yang dihasilkan.

2.6 Penentuan Bobot Atribut

Bobot untuk setiap atribut ditentukan berdasarkan tingkat kepentingan relatifnya dalam evaluasi kinerja *waterpark*. Dalam penelitian ini, digunakan pembobotan:

$$w = \{0,20; 0,30; 0,30; 0,20\}$$

Pembobotan ini menggunakan bobot yang berbeda, yaitu : 0,20 merupakan bobot pelayanan pelanggan, 0,30 merupakan bobot fasilitas, 0,30 merupakan bobot kebersihan, dan 0,20 merupakan bobot keamanan. Pembobotan ini memberikan penekanan lebih pada fasilitas dan kebersihan sebagai faktor kunci kepuasan pengunjung *waterpark*.

2.7 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan mengimplementasikan algoritma MADM yang telah dijelaskan pada bagian 2.3. Perhitungan dilakukan untuk kedua skenario bobot dan hasilnya dibandingkan untuk mengevaluasi konsistensi ranking.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konversi Data Kuesioner

Berdasarkan data kuesioner, diperoleh rata-rata skor per atribut sebagai berikut.

Tabel 1. Rata-Rata Skor Tiap Atribut

Waterpark	A₁ (Pelayanan)	A₂ (Fasilitas)	A₃ (Kebersihan)	A₄ (Keamanan)
Lomban (M ₁)	3,81	4,09	3,77	3,41
Mercy (M ₂)	3,77	4,01	3,80	3,43
Citraland (M ₃)	3,89	4,04	3,83	3,64
Paradise (M ₄)	3,57	2,71	2,87	2,60

Berdasarkan Tabel 1 di atas, kriteria pelayanan menunjukkan bahwa tingkat kepuasan pengunjung berada di antara Cukup Puas dan Puas pada semua *waterpark*. Kriteria fasilitas berada pada tingkat Puas untuk Lomban *Waterpark*, Mercy *Waterpark*, dan Citraland *Waterpark*. Kriteria kebersihan dan keamanan menunjukkan tingkat kepuasan di antara Cukup Puas dan Puas pada Lomban *Waterpark*, Mercy *Waterpark*, dan Citraland *Waterpark*. Pada Paradise *Waterpark*, kriteria fasilitas, kebersihan, dan keamanan menunjukkan tingkat kepuasan berada di antara Tidak Puas dan Cukup Puas.

Selanjutnya dilakukan normalisasi derajat keanggotaan dengan rumus pada Persamaan (2.9), yaitu:

$$M_Y = \frac{\text{rata-rata skor} - 1}{4}$$

Hasil normalisasi tersebut disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI
Amaluddin, Agung Sutrisno, Lilis Dwi Sapta Aprilyani

Tabel 2. Normalisasi Derajat Keanggotaan

Waterpark	A₁	A₂	A₃	A₄
M ₁	0,70	0,77	0,69	0,60
M ₂	0,69	0,75	0,70	0,61
M ₃	0,72	0,76	0,71	0,66
M ₄	0,64	0,43	0,47	0,40

Pada Tabel 2 di atas, jika derajat keanggotaannya semakin mendekati 1 maka tingkat kepuasannya mendekati sangat puas. Artinya pada kriteria fasilitas, pengunjung Citraland *Waterpark* sudah merasa puas. Sebaliknya, jika derajat keanggotaannya semakin mendekati 0 maka tingkat kepuasannya mendekati sangat tidak puas. Artinya pada kriteria keamanan, pengunjung Paradise *Waterpark* merasa tidak puas.

Lebih lanjut, dihitung derajat non-keanggotaannya dengan rumus pada Persamaan (2.10), yaitu:

$$M_N = \sqrt{(1 - M_Y^2)} \times \text{faktor ketidakpastian}$$

dimana *faktor ketidakpastian* = 0,3 (sebab tingkat variabilitas data = sedang [14]).

Hasil derajat non-keanggotaan tersebut disajikan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Derajat Non-Keanggotaan

Waterpark	A₁	A₂	A₃	A₄
M ₁	0,21	0,19	0,22	0,24
M ₂	0,22	0,20	0,21	0,24
M ₃	0,21	0,19	0,21	0,23
M ₄	0,23	0,27	0,26	0,27

Pada Tabel 3 di atas, interpretasi datanya bertolak belakang dengan interpretasi data pada Tabel 2. Artinya jika derajat non-keanggotaannya semakin mendekati 1 maka tingkat kepuasannya mendekati sangat tidak puas. Sebaliknya, jika derajat non-keanggotaannya semakin mendekati 0 maka tingkat kepuasannya mendekati sangat puas. Misalnya, pada kriteria fasilitas, pengunjung Lomban *Waterpark* dan Citraland *Waterpark* merasa puas.

3.2 Representasi *PFS Waterpark*

Data kuesioner kepuasan pelanggan harus dikonversi menjadi representasi *PFS* untuk masing-masing *waterpark*. Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3, diperoleh data representasi *PFS* dari keempat *waterpark* yang ditunjukkan oleh Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Representasi *PFS Waterpark*

Waterpark	A ₁ (Pelayanan)	A ₂ (Fasilitas)	A ₃ (Kebersihan)	A ₄ (Keamanan)
Lomban (M ₁)	$\langle 0,70; 0,21 \rangle$	$\langle 0,77; 0,19 \rangle$	$\langle 0,69; 0,22 \rangle$	$\langle 0,60; 0,24 \rangle$
Mercy (M ₂)	$\langle 0,69; 0,22 \rangle$	$\langle 0,75; 0,20 \rangle$	$\langle 0,70; 0,21 \rangle$	$\langle 0,61; 0,24 \rangle$
Citraland (M ₃)	$\langle 0,72; 0,21 \rangle$	$\langle 0,76; 0,19 \rangle$	$\langle 0,71; 0,21 \rangle$	$\langle 0,66; 0,23 \rangle$
Paradise (M ₄)	$\langle 0,64; 0,23 \rangle$	$\langle 0,43; 0,27 \rangle$	$\langle 0,47; 0,26 \rangle$	$\langle 0,40; 0,27 \rangle$

Dari Tabel 4, dapat diamati bahwa:

- Citraland *Waterpark* (M₃) menunjukkan nilai keanggotaan tertinggi dan non-keanggotaan terendah pada hampir semua atribut, mengindikasikan tingkat kepuasan pelanggan yang tinggi.
- Paradise *Waterpark* (M₄) memiliki nilai keanggotaan terendah dan non-keanggotaan tertinggi, menunjukkan tingkat kepuasan yang relatif lebih rendah.
- Lomban *Waterpark* (M₁) dan Mercy *Waterpark* (M₂) menunjukkan performa yang baik dengan nilai keanggotaan menengah pada semua atribut.

3.3 Konstruksi Ideal *PFS*

Menggunakan Langkah 2 dan 3 pada algoritma MADM, ideal positif *PFS* (M^+) dan ideal negatif *PFS* (M^-) dikonstruksi menggunakan Persamaan (2.4) dan Persamaan (2.5). Hasil konstruksi disajikan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Konstruksi M^+ dan M^-

Waterpark	A ₁ (Pelayanan)	A ₂ (Fasilitas)	A ₃ (Kebersihan)	A ₄ (Keamanan)
Ideal Positif (M^+)	$\langle 0,72; 0,21 \rangle$	$\langle 0,77; 0,19 \rangle$	$\langle 0,71; 0,21 \rangle$	$\langle 0,66; 0,23 \rangle$
Ideal Negatif (M^-)	$\langle 0,64; 0,23 \rangle$	$\langle 0,43; 0,27 \rangle$	$\langle 0,47; 0,26 \rangle$	$\langle 0,40; 0,27 \rangle$

Ideal positif *PFS* merepresentasikan *waterpark* "ideal" dengan karakteristik terbaik dari semua *waterpark* yang dievaluasi, sedangkan ideal negatif *PFS* merepresentasikan *waterpark* dengan karakteristik terburuk.

3.4 Perhitungan *Distance Measure*

Dengan menggunakan bobot $w = \{0,20; 0,30; 0,30; 0,20\}$ yang memberikan penekanan lebih pada fasilitas dan kebersihan, *distance measure* tiap *waterpark* dengan ideal positif dihitung menggunakan Persamaan (2.7), seperti berikut ini.

$$D(M_i, M^+) = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 w_i \frac{|M_{iY}^2(x_i) - M_{iY}^{-2}(x_i)| + |M_{iN}^2(x_i) - M_{iN}^{-2}(x_i)|}{M_{iY}^2(x_i) + M_{iY}^{-2}(x_i) + M_{iN}^2(x_i) + M_{iN}^{-2}(x_i)}.$$

Distance measure tiap *waterpark* dengan ideal negatif dihitung menggunakan Persamaan (2.7), seperti berikut ini.

$$D(M_i, M^-) = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 w_i \frac{|M_{iY}^2(x_i) - M_{iY}^{+2}(x_i)| + |M_{iN}^2(x_i) - M_{iN}^{+2}(x_i)|}{M_{iY}^2(x_i) + M_{iY}^{+2}(x_i) + M_{iN}^2(x_i) + M_{iN}^{+2}(x_i)}.$$

Berdasarkan Tabel 5, hasil perhitungan *distance measure* disajikan pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. *Distance Measure* dengan Bobot $w = \{0,20; 0,30; 0,30; 0,20\}$

Waterpark	D(M _i , M ⁺)	D(M _i , M ⁻)
M ₁	0,0080	0,0839
M ₂	0,0089	0,0833
M ₃	0,0012	0,0906
M ₄	0,0916	0,0007

Berdasarkan Tabel 6 di atas, *distance measure* antara Citraland *Waterpark* dan *waterpark* ideal positif sangat kecil. Artinya perbedaannya paling sedikit dibandingkan dengan *waterpark* yang lainnya. Di sisi lain, *distance measure* antara Paradise *Waterpark* dan *waterpark* ideal negatif juga sangat kecil. Artinya perbedaannya paling sedikit dibandingkan dengan *waterpark* yang lainnya.

3.5 Perhitungan Kemiripan Relatif

Sebelum menghitung kemiripan relatif, terlebih dahulu dihitung ukuran kemiripan dari tiap alternatif dengan alternatif ideal positif maupun alternatif ideal negatif. Ukuran kemiripan dari tiap alternatif dengan alternatif ideal positif dihitung menggunakan Persamaan (2.8), seperti berikut ini.

$$S(D^+) = 1 - D(M_i, M^+).$$

Selanjutnya, ukuran kemiripan dari tiap alternatif dengan alternatif ideal negatif dihitung juga dengan menggunakan Persamaan (2.8), seperti berikut ini.

$$S(D^-) = 1 - D(M_i, M^-).$$

Berdasarkan Tabel 6, hasil perhitungan ukuran kemiripan disajikan pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Ukuran Kemiripan

Waterpark	S(D ⁺)	S(D ⁻)
M ₁	0,9920	0,9161
M ₂	0,9911	0,9167

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Amaluddin, Agung Sutrisno, Lilis Dwi Sapta Aprilyani

M_3	0,9988	0,9094
M_4	0,9084	0,9993

Setelah itu, hitung kemiripan relatif tiap alternatif dengan ideal positif $S_r(M_i)$ dengan menggunakan rumus pada Persamaan (2.9).

Berdasarkan data pada Tabel 7, hasil perhitungan kemiripan relatif disajikan pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Kemiripan Relatif

Waterpark	$S(D^+)$	$S(D^-)$	$S_r(M_i)$
M_1	0,9920	0,9161	0,51990
M_2	0,9911	0,9167	0,51949
M_3	0,9988	0,9094	0,5234
M_4	0,9084	0,9993	0,4762

Dari Tabel 8, dapat diamati bahwa:

1. Citraland *Waterpark* (M_3) memiliki nilai kemiripan relatifnya yang tertinggi ($S_r = 0,5234$). Artinya *waterpark* ini memiliki kinerja yang terbaik.
2. Lomnan *Waterpark* (M_1) berada di posisi kedua dengan $S_r = 0,51990$. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja *waterpark* ini baik dan konsisten di semua atribut
3. Mercy *Waterpark* (M_2) menempati posisi ketiga dengan $S_r = 0,51949$. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja *waterpark* ini lumayan baik, tetapi harus diperbaiki agar dapat meningkatkan daya saing.
4. Paradise *Waterpark* (M_4) berada di posisi terakhir dengan $S_r = 0,4762$, mengindikasikan perlunya perbaikan yang signifikan agar tetap bertahan dan dapat bersaing dengan yang lain.

Ranking *waterpark* yang diperoleh berdasarkan metode ini, yaitu : $M_3 > M_1 > M_2 > M_4$

3.6 Analisis Per Atribut

Berikut ini diberikan analisis kinerja masing-masing *waterpark* pada setiap atribut.

Tabel 9. Analisis Kinerja Per Atribut

Atribut	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	Terbaik
Pelayanan	0,70	0,69	0,72	0,64	M ₃
Fasilitas	0,77	0,75	0,76	0,43	M ₁
Kebersihan	0,69	0,70	0,71	0,47	M ₃
Keamanan	0,60	0,61	0,66	0,40	M ₃

Keterangan: Angka di dalam Tabel 9 di atas menunjukkan derajat keanggotaan dalam *PFS* (berdasarkan data pada Tabel 4).

Berdasarkan Tabel 9 di atas, diperoleh analisis-analisis berikut ini.

1. Citraland *Waterpark* (M₃) unggul di hampir semua kriteria.

Kriteria pelayanan pelanggan (derajat keanggotaan sebesar 0,72), kebersihan (derajat keanggotaan sebesar 0,71), dan keamanan (derajat keanggotaan sebesar 0,66) menunjukkan bahwa Citraland *Waterpark* unggul dari semua kompetitor. Hanya pada kriteria fasilitas (derajat keanggotaan sebesar 0,76) yang berada di posisi kedua.

2. Lomnan *Waterpark* (M₁) perlu fokus khusus pada peningkatan keamanan.

Kriteria fasilitas (derajat keanggotaan sebesar 0,72) menunjukkan bahwa Lomnan *Waterpark* unggul dari semua kompetitor. Kriteria pelayanan (derajat keanggotaan sebesar 0,70) dan kebersihan (derajat keanggotaan sebesar 0,69) perlu ditingkatkan. Tetapi yang menjadi fokus khusus adalah pada peningkatan keamanan (derajat keanggotaan sebesar 0,60).

3. Mercy *Waterpark* (M₂) konsisten berada di posisi kedua atau ketiga di semua kriteria.

Kriteria kebersihan (derajat keanggotaan sebesar 0,70) dan keamanan (derajat keanggotaan sebesar 0,61) menunjukkan bahwa Mercy *Waterpark* perlu ditingkatkan. Selain itu, pelayanan (derajat keanggotaan sebesar 0,69) dan fasilitas (derajat keanggotaan sebesar 0,75) harus ditingkatkan juga agar tetap bersaing.

4. Paradise *Waterpark* (M₄) memerlukan perbaikan menyeluruh di semua kriteria.

Semua kriteria menunjukkan bahwa Paradise *Waterpark* membutuhkan peningkatan secara signifikan agar dapat bersaing dengan *waterpark* yang lainnya. Prioritas utama yang harus diperbaiki adalah kriteria keamanan (derajat keanggotaan sebesar 0,40) dan fasilitas (derajat keanggotaan sebesar 0,43).

3.7 Validasi Hasil

Untuk memvalidasi hasil penelitian, dilakukan beberapa perhitungan lain dengan memvariasikan bobot kriteria (dimana w_1 =pelayanan, w_2 =fasilitas, w_3 =kebersihan, dan w_4 =keamanan), seperti yang diberikan pada Tabel 10 berikut ini.

Tabel 10. Validasi Hasil Penelitian

Skenario Bobot	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄	Ranking
Merata	0,25	0,25	0,25	0,25	$M_3 > M_1 > M_2 > M_4$
Fokus pada Pelayanan	0,40	0,20	0,20	0,20	$M_3 > M_1 > M_2 > M_4$
Fokus pada Fasilitas	0,20	0,40	0,20	0,20	$M_3 > M_1 > M_2 > M_4$
Fokus pada Kebersihan	0,25	0,20	0,40	0,15	$M_3 > M_1 > M_2 > M_4$
Fokus pada Keamanan	0,20	0,25	0,15	0,40	$M_3 > M_1 > M_2 > M_4$

Hasil menunjukkan bahwa ranking tetap stabil meskipun bobot divariasikan secara signifikan, mengindikasikan keunggulan Citraland *Waterpark* (M_3) yang konsisten dibandingkan dengan *waterpark* yang lain.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, kinerja tempat wisata Citraland *Waterpark* (W_3) menempati peringkat pertama dengan nilai kemiripan relatif tertinggi terhadap ideal positif, yaitu sebesar 0,5234. Adapun urutan kinerja tempat wisata yang diperoleh, yaitu Citraland *Waterpark*, *Lomban Waterpark*, *Mercy Waterpark*, dan *Paradise Waterpark*. Ranking kinerja *waterpark* tersebut tetap konsisten meskipun dilakukan variasi skema pembobotan (seperti pada Tabel 10). Hal ini menunjukkan bahwa metode *distance measure* pada *Pythagorean Fuzzy Set* ini konsisten, sehingga hasil evaluasinya dapat divalidasi. Oleh karena itu, penerapan *distance measure* pada *Pythagorean Fuzzy Set* terbukti efektif untuk evaluasi kinerja *waterpark* secara objektif. Metode ini mampu menangani ketidakpastian dalam penilaian subjektif pelanggan terhadap kriteria-kriteria yang telah ditentukan.

Saran untuk penelitian lanjutan, yaitu memperluas objek penelitian ke *waterpark* di kota-kota lain untuk menganalisis komparatif regional. Selain itu, menambahkan atribut evaluasi lain seperti harga tiket, aksesibilitas, dan variasi wahana dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Sam Ratulangi yang telah membiayai penelitian ini. Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Universitas Sam Ratulangi melalui skema Penelitian Riset Dasar/Terapan Umum Unggulan Unsrat (RDTU3) Tahun Anggaran 2025 dengan nomor kontrak : 1084/UN12.27/LT/2025.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini. Penelitian dilakukan secara independen dan objektif tanpa adanya pengaruh dari pihak manapun yang dapat mempengaruhi hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atanassov, K., T., 1986. Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 20, No. 1, 87-96.
- [2] Chen, T., Y., 2018. Remoteness index-based Pythagorean fuzzy VIKOR methods with a generalized distance measure for multiple criteria decision analysis. *Information Fusion*, Vol. 41, 129-150.
- [3] Ejegwa, P., A., 2020. Distance and similarity measures for Pythagorean fuzzy sets. *Granular Computing*, Vol. 5, No. 2, 225-238.
- [4] Garg, H., 2016. A new generalized Pythagorean fuzzy information aggregation using Einstein operations and its application to decision making. *International Journal of Intelligent Systems*, Vol. 31, No. 9, 886-920.
- [5] Hair, J., F., Black, W., C., Babin, B., J., & Anderson, R., E., 2018. *Multivariate data analysis*, Eighth edition. Cengage Learning EMEA, Australia.
- [6] Hidayat, A.R., & Pudjoprastyono, H., 2023. The Effect of Promotion, Brand Image, and Service Quality on Purchasing Decisions for Garuda Indonesia Airline Tickets. *Indonesian Journal of Business Analytics*, Vol. 3, No. 5, 1495-1512.
- [7] Hussian, Z. & Yang, M., S., 2019. Distance and similarity measures of Pythagorean fuzzy sets based on the Hausdorff metric with application to fuzzy TOPSIS. *International Journal of Intelligent Systems*, Vol. 34, No. 10, 2633-2654.
- [8] Kumar, N., Patel, A. & Mahanta, J. 2023. K–L divergence-based distance measure for Pythagorean fuzzy sets with various applications. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, Vol. 37, No. 4, 551–571.
- [9] Liu, Z., 2024. Hellinger distance measures on Pythagorean fuzzy environment via their applications. *International Journal of Knowledge-Based and Intelligent Engineering Systems*, Vol. 28, No. 2, 211-229.
- [10] Li, D. & Zeng, W., 2018. Distance measure of Pythagorean fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems*, Vol. 33, No. 2, 348-361.
- [11] Mahanta, J. & Panda, S., 2021. Distance measure for Pythagorean fuzzy sets with varied applications. *Neural Computing and Applications*, Vol. 33, 17161-17171.
- [12] Peng, X., 2019. New similarity measure and distance measure for Pythagorean fuzzy set. *Complex & Intelligent Systems*, Vol. 5, No. 2, 101-111.
- [13] Peng, X. & Garg, H., 2019. Multiparametric similarity measures on Pythagorean fuzzy sets with applications to pattern recognition. *Applied Intelligence*, Vol. 49, No. 12, 4058-4096.
- [14] Peng, X. & Yang, Y., 2015. Some Results for Pythagorean Fuzzy Sets. *International Journal of Intelligent Systems*, Vol. 30, No. 11, 1133-1160.
- [15] Reformat, M., Z. & Yager, R., R., 2014. Suggesting Recommendations Using Pythagorean Fuzzy Sets Illustrated Using Netflix Movie Data. In: *Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. Communications in Computer and Information Science*, Springer, Cham, Vol. 442, 546-556.
- [16] Sinaga, E., P., Siregar, M., & Siregar, N., A., 2022. Analysis of the effect of facility and service quality on consumer satisfaction. *Quantitative Economics and Management Studies*, Vol. 3, No. 5, 691-697.

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI**Amaluddin, Agung Sutrisno, Lilis Dwi Sapta Aprilyani**

- [17] Singh, Y. & Bisht, D., C., S., 2025. Pythagorean fuzzy-based integration of ANP with TOPSIS-VIKOR-SAW techniques for hospital service quality evaluation. *OPSEARCH*
- [18] Thakur, P., Paradowski, B., Gandotra, N., Thakur, P., Saini, N. & Sałabun, W., 2024. A Study and Application Analysis Exploring Pythagorean Fuzzy Set Distance Metrics in Decision Making. *Information*, Vol. 15, No. 1, 28.
- [19] Xiao, F. & Ding, W., 2019. Divergence measure of Pythagorean fuzzy sets and its application in medical diagnosis. *Applied Soft Computing*, Vol. 79, 254-267.
- [20] Yager, R., R., 2013. Pythagorean fuzzy subsets. In *2013 Joint IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting (IFSA/NAFIPS)*, IEEE, 57-61.
- [21] Yager, R., R., 2013. Pythagorean membership grades in multicriteria decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 22, No. 4, 958-965.
- [22] Yager, R., R. & Abbasov, A., M., 2013. Pythagorean membership grades, complex numbers, and decision making. *International Journal of Intelligent Systems*, Vol. 28, No. 5, 436-452.
- [23] Zadeh, L., A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, Vol. 8, No. 3, 338-353.