

## Sistem Pendukung Keputusan Tempat SPBU di Kabupaten Lumajang dengan Metode *Haversine Formula* dan Algoritma TOPSIS

Fadhel Akhmad Hizham<sup>1</sup>, Yanuar Nurdiansyah<sup>2</sup>

Program Studi Informatika, Institut Teknologi dan Bisnis Widya Gama Lumajang<sup>1</sup>  
Program Studi Sistem Informasi, Universitas Jember<sup>2</sup>

Corresponding Author: Fadhel Akhmad Hizham (hizhamfadhel@gmail.com)

### ARTICLE INFO

Date of entry:  
02 April 2023  
Revision Date:  
27 April 2023  
Date Received:  
30 April 2023

### ABSTRAK

Penentuan rekomendasi SPBU sebenarnya dapat dilakukan cukup dengan mencari jarak terdekat. Namun, jika hanya mengandalkan pemeringkatan berdasarkan jarak tempuh saja, maka tidak menutup kemungkinan adanya hal-hal yang tidak diinginkan dari SPBU yang dituju, seperti stok bahan bakar yang sedang habis, kualitas tempat yang kurang memadai, dan masih banyak lagi. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan beberapa kriteria dalam menentukan rekomendasi SPBU, diantaranya berdasarkan jarak, waktu tempuh, serta ulasan dari masing-masing tempat di *Google Maps API*, dalam hal ini digunakan Sistem Pendukung Keputusan (SPK). Penentuan urutan rekomendasi SPBU menggunakan metode TOPSIS, yang berdasarkan prioritas nilai kedekatan suatu alternatif. Dari perbandingan nilai kedekatan yang ditentukan, maka susunan urutan dari masing-masing alternatif dapat dicapai. Dalam 10 kali percobaan, dari total 700 lokasi (70 tempat SPBU dikali 10 titik awal yang berbeda), ada 76 lokasi yang memiliki pemeringkatan yang sama baik metode *Haversine* dengan *Haversine* + TOPSIS, 390 lokasi yang memiliki pemeringkatan terbaik menurut *Haversine*, dan 234 lokasi yang memiliki pemeringkatan terbaik menurut *Haversine* + TOPSIS. Untuk metode pemeringkatan *Haversine* + TOPSIS, ada 3 dari 10 percobaan yang memiliki tempat terbanyak dengan peringkat terbaik, yaitu percobaan ke-4 (titik awal Stasiun Klakah), percobaan ke-7 (titik awal Kebun Teh Kertowono Gucialit), dan percobaan ke-9 (titik awal Pura Mandara Giri Semeru Agung).

Keywords: SPBU, SPK, *Haversine Formula*, TOPSIS



Cite this as: Hizham, F. A., & Nurdiansyah, Y. (2023). Sistem Pendukung Keputusan Tempat SPBU di Kabupaten Lumajang dengan Metode *Haversine Formula* dan Algoritma TOPSIS. *Journal of Informatics Development*, 2(2), 39–50. <https://doi.org/10.30741/jid.v2i2.1012>

### PENDAHULUAN

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) merupakan titik puncak bagian distribusi dan pemasaran Bahan Bakar Minyak (BBM) yang berada di tengah masyarakat. Peran SPBU sangat strategis dalam roda perekonomian nasional karena berkaitan dengan kepentingan masyarakat luas.

Seiring dengan perkembangan ekonomi nasional, jumlah SPBU semakin meningkat dan makin luas persebarannya di seluruh Indonesia (Wachid, Sampurna, & Rahman, 2018).

Dari waktu ke waktu, karena makin banyaknya dan makin luasnya persebaran SPBU, maka diperlukan sistem pendukung keputusan untuk menentukan rekomendasi tempat SPBU. Penelitian ini memanfaatkan GPS (Global Positioning System) yang telah terintegrasi dengan *Google Maps API*. Sistem GPS tersebut mendeteksi posisi titik koordinat suatu tempat berdasarkan titik lintang dan titik bujur, lalu mencari ketersediaan tempat-tempat SPBU.

Penentuan rekomendasi SPBU sebenarnya dapat dilakukan cukup dengan mencari jarak terdekat, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Retnani, Istiadi, & Roqib, 2015), yang membahas mengenai pencarian SPBU terdekat di Kabupaten Jember dengan Algoritma Dijkstra. Namun, jika hanya mengandalkan pemeringkatan berdasarkan jarak tempuh saja, maka tidak menutup kemungkinan adanya hal-hal yang tidak diinginkan dari SPBU yang dituju, seperti stok bahan bakar yang sedang habis, kualitas tempat yang kurang memadai, dan masih banyak lagi. Dari permasalahan ini, maka perlu diperhitungkan juga dari segi kualitas untuk pertimbangan tempat SPBU yang hendak dipilih. Pertimbangan tersebut berupa ulasan yang diberikan dari masing-masing tempat di *Google Maps Application Program Interface (API)*. *Google Maps API* yaitu sistem layanan pemetaan secara daring yang dirilis secara publik pada Juni 2005 yang disediakan oleh Google (Svennerberg, 2010). API yaitu suatu set aturan dan spesifikasi tertentu yang menyatakan bagaimana sebuah program mengakses dan memanfaatkan sumber daya yang tersedia oleh program lainnya yang menggunakan API (Yulianto, Ramadiani, & Kridalaksana, 2018).

Usaha yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut yaitu dengan membangun sistem pendukung keputusan (SPK). SPK yaitu suatu penyelesaian masalah dengan menyediakan alternatif pilihan untuk proses pengambilan keputusan (Pribadi, Saputra, Hudin, & Gunawan, 2020). Tahapan proses pengambilan keputusan dimulai dari fase intelegensi, yaitu proses pemindaian dan pendeteksian dari permasalahan serta proses pengenalan masalah. Data yang diperoleh selanjutnya diproses dan diuji untuk mengidentifikasi suatu masalah. Fase selanjutnya yaitu fase desain, yang merupakan proses pengembangan dan pencarian alternatif pemecahan masalah sebagai bahan pertimbangan. Kemudian fase pilihan yaitu fase yang bekerja melakukan pemilihan terhadap beberapa alternatif yang muncul pada tahap perencanaan agar dapat menentukan pilihan alternatif yang sesuai dengan kriteria berdasarkan tujuan yang akan dicapai (Turban, Aronson, & Liang, 2007).

Salah satu metode SPK yang digunakan untuk menentukan pilihan rekomendasi SPBU di Kabupaten Lumajang yaitu metode TOPSIS. TOPSIS merupakan suatu metode pemilihan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang pada tahun 1981. Metode ini didasarkan pada konsep yang menunjukkan alternatif yang dipilih tidak hanya berdasarkan jarak terdekat dari solusi ideal positif, melainkan memiliki jarak terjauh dari solusi ideal negatif berdasarkan sudut pandang geometris dengan menggunakan jarak Euclidian untuk menentukan kedekatan dari suatu alternatif dengan solusi optimal. Solusi ideal positif yaitu jumlah dari seluruh nilai terbaik yang dapat dicapai untuk tiap atribut, sementara solusi ideal negatif yaitu jumlah dari seluruh nilai terburuk yang dicapai untuk tiap atribut (Kusumadewi, Hartati, Harjoko, & Wardoyo, 2006). Penelitian yang menggunakan algoritma ini antara lain Penerapan Metode TOPSIS untuk Pemilihan Perumahan (Sugiarto, 2021), Metode AHP-TOPSIS pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penempatan Automated Teller Machine (Mahendra & Indrawan, 2020), Penerapan Metode TOPSIS untuk Sistem Pendukung Keputusan Penentu Keluarga Miskin pada Desa Panca Karsa II (Muzakkir, 2017) dan Determine the Best Option for Nearest Medical Services using Google Maps API, Haversine, and TOPSIS Algorithm (Harja & Sarno, 2018).

Salah satu kriteria pengambilan keputusan untuk menentukan pilihan rekomendasi SPBU di Kabupaten Lumajang yaitu penghitungan jarak menggunakan metode *Haversine Formula*. *Haversine Formula* yaitu metode pengukuran jarak dari titik awal ke titik tujuan yang

menunjukkan bahwa bentuk bumi bukanlah bidang datar melainkan bidang yang mempunyai derajat kelengkungan. Metode tersebut mengukur jarak antar dua titik dengan titik koordinat garis lintang dan garis bujur yang telah ditentukan (Brummelen, 2013). Panjang garis lintang setiap derajatnya yaitu 110,54 km, sedangkan panjang garis bujur setiap derajatnya yaitu  $111,32 \text{ km} \times \cos \lambda$  (Yulianto, Ramadiani, & Kridalaksana, 2018). Penelitian yang menggunakan algoritma ini antara lain Analisa Algoritma Haversine Formula untuk Pencarian Lokasi Terdekat Rumah Sakit dan Puskesmas Provinsi Gorontalo (Farid & Yunus, 2017), Perancangan Aplikasi Simulasi Metode Haversine dalam Pencarian Lokasi PKL Terdekat untuk Siswa/i SMKS Mustafa Perbaungan (Prasetio, 2021), dan Perbandingan *Haversine Formula* dan *Euclidean Distance* dalam Pencarian Jarak Terdekat Rumah Penampungan Hewan (*Shelter*) (Rahayu, Fanni, & Bima, 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berfokus pada metode TOPSIS dan dikombinasikan dengan metode *Haversine Formula* sebagai salah satu kriteria penghitungan jarak pada metode TOPSIS. Kriteria yang digunakan sebagai pertimbangan rekomendasi SPBU dalam penelitian ini yaitu jarak, radius, waktu tempuh, dan skor rating yang diperoleh dari hasil perkalian rating dengan jumlah ulasan yang diperoleh dari *Google Maps API*. Hasil keputusan berasal dari perbandingan urutan nilai preferensi dari masing-masing alternatif pilihan, sehingga menghasilkan keputusan yang lebih akurat. Oleh karena itu, penerapan metode TOPSIS diharapkan dapat membantu pemilihan keputusan tempat SPBU yang lebih akurat dan tidak hanya berdasarkan jarak tempuh saja, melainkan dari segi kualitas tempat SPBU berdasarkan ulasan dari *Google Maps API*.

## METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data SPBU di Kabupaten Lumajang, yang berisikan nama SPBU, rating dan jumlah ulasan, beserta titik koordinat dari masing-masing tempat SPBU (titik bujur dan titik lintang) yang diperoleh dari *Google Maps API*. Data yang dikumpulkan yaitu data SPBU yang ada di Kabupaten Lumajang, diantaranya SPBU Pertamina, Pertashop, Mobil Indostation, dan Pertamina atau Pom mini, dengan total sebanyak 70 *record*. Data tersebut diperoleh dari hasil pencarian pada *Google Maps API* dengan kata kunci “SPBU Lumajang” dan “Pertashop Lumajang”.

Penentuan rekomendasi menggunakan metode TOPSIS. Metode TOPSIS pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang pada 1981. Metode ini didasarkan pada konsep yang menunjukkan alternatif yang dipilih tidak hanya berdasarkan jarak terdekat dari solusi ideal positif, melainkan memiliki jarak terjauh dari solusi ideal negatif berdasarkan sudut pandang geometris dengan menggunakan jarak Euclidian untuk menentukan kedekatan dari suatu alternatif dengan solusi optimal. Solusi ideal positif yaitu jumlah dari seluruh nilai terbaik yang dapat dicapai untuk tiap atribut, sementara solusi ideal negatif yaitu jumlah dari seluruh nilai terburuk yang dicapai untuk tiap atribut (Kusumadewi, Hartati, Harjoko, & Wardoyo, 2006). Metode TOPSIS mempertimbangkan jarak terhadap solusi ideal positif dan jarak terhadap solusi ideal negatif dengan mengambil kedekatan relatif terhadap solusi ideal positif. Susunan prioritas alternatif dapat tercapai berdasarkan perbandingan terhadap jarak relatifnya (Sari, 2018). Tahapan pengerjaan metode TOPSIS yaitu sebagai berikut

1. Membuat matriks keputusan ternormalisasi.

Elemen  $r_{ij}$  hasil dari normalisasi matriks keputusan R dengan metode *Euclidian length of a vector* yaitu:

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

Keterangan:

$r_{ij}$  = hasil dari normalisasi matriks keputusan R

$i = 1, 2, 3, \dots, m$

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

Membuat matriks keputusan ternormalisasi terbobot.

Dengan bobot  $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ , maka rating bobot ternormalisasi dapat didefinisikan sebagai berikut:

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

2. Menghitung matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif.

Solusi ideal positif dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$A^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+) \quad (3)$$

Solusi ideal negatif dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$A^- = (y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-) \quad (4)$$

Keterangan:

$A^+$  = Solusi ideal positif

$A^-$  = Solusi ideal negatif

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

Jarak antara alternatif A dengan solusi ideal positif dirumuskan sebagai:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^+)^2} \quad (5)$$

Jarak antara alternatif A dengan solusi ideal negatif dirumuskan sebagai:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad (6)$$

Keterangan:

$D_i^+$  = Jarak antara nilai alternatif terhadap solusi ideal positif

$D_i^-$  = Jarak antara nilai alternatif terhadap solusi ideal negatif

4. Menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif.

Nilai preferensi untuk setiap alternatif dirumuskan sebagai berikut:

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (7)$$

Keterangan:

$V_i$  = Nilai preferensi

5. Mengurutkan alternatif berdasarkan nilai preferensi.

Nilai preferensi yang tertinggi yang menjadi alternatif urutan pertama yang lebih dipilih daripada alternatif lainnya.

Salah satu kriteria pengambilan keputusan untuk menentukan pilihan rekomendasi SPBU di Kabupaten Lumajang yaitu penghitungan jarak menggunakan metode *Haversine Formula*. Rumus perhitungan dari metode *Haversine Formula* ditunjukkan pada persamaan 8.

$$d = 2r \arcsin \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2 \left( \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right) \quad (8)$$

Keterangan:

$d$  = jarak antara dua titik

$r$  = jari-jari bumi (6.371 km) (Lide, 2000)

$\varphi_1$  = titik lintang lokasi pertama, yaitu titik lintang posisi awal (dalam satuan radian)

$\varphi_2$  = titik lintang lokasi kedua, yaitu titik lintang tujuan (dalam satuan radian)

$\lambda_1$  = titik bujur lokasi pertama, yaitu titik bujur posisi awal (dalam satuan radian)

$\lambda_2$  = titik bujur lokasi kedua, yaitu titik bujur tujuan (dalam satuan radian)

1 derajat = 0,0174532925 radian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, Implementasi metode *Haversine Formula* dilakukan dengan memasukkan titik *latitude* dan *longitude* pertama sebagai titik awal, dan titik *latitude* dan *longitude* kedua sebagai titik lokasi SPBU tujuan. Sebagai contoh, dilakukan penghitungan jarak dari alun-alun kota Lumajang, dengan titik *latitude* -8,1352445137 dan titik *longitude* 113,2243686666) terhadap seluruh tempat SPBU yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Titik Latitude dan Longitude SPBU**

No	Nama SPBU	Titik Latitude	Titik Longitude
1	SPBU Pertamina 54.673.13	-8,1398251217	113,2085156333
2	SPBU Pertamina 54.673.02	-8,1139946307	113,2227635268
3	SPBU 54.673.05	-8,1432237467	113,2358097908
4	SPBU Pertamina 54.673.11	-8,1354207838	113,1912475638
5	Pertamini (Jogotrunan)	-8,1368332037	113,2285714878
6	Pom Mini Jagalan	-8,1305456246	113,2265115514
7	Pom Mini Stasiun	-8,1281665149	113,2230783240
8	Pom Mini (Pertamini Seruji)	-8,1398919903	113,2225633399
9	Pertashop Tompokersan 5P.673.30	-8,1230683752	113,2280565037
10	Mobil Indostation Labruk Kidul	-8,1234082532	113,2296014560
⋮	⋮	⋮	⋮
70	Pertashop 5P.673.24	-8,0700339772	113,3104404965

Sumber: Data diolah (2022)

Dari sekumpulan data SPBU pada Tabel 1, maka dilakukan penghitungan jarak dengan menggunakan metode *Haversine Formula*. Sebelum penghitungan jarak dilakukan, terlebih dahulu melakukan konversi titik latitude dan titik longitude ke dalam satuan radian, yaitu dengan mengalikan setiap titik tersebut dengan  $\frac{\pi}{180}$ . Titik *latitude* dan *longitude* dari setiap tempat SPBU yang telah diubah ke dalam satuan radian ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Titik Latitude dan Longitude SPBU dalam Satuan Radian**

No	Nama SPBU	Titik Latitude	Titik Longitude
1	SPBU Pertamina 54.673.13	-0,1420667489	1,9758613391
2	SPBU Pertamina 54.673.02	-0,1416159218	1,9761100117
3	SPBU 54.673.05	-0,1421260661	1,9763377120
4	SPBU Pertamina 54.673.11	-0,1419898787	1,9755599544
5	Pertamini (Jogotrunan)	-0,1420145301	1,9762113798
6	Pom Mini Jagalan	-0,1419047911	1,9761754271
7	Pom Mini Stasiun	-0,1418632678	1,9761155060
8	Pom Mini (Pertamini Seruji)	-0,1420679160	1,9761065178
9	Pertashop Tompokersan 5P.673.30	-0,1417742885	1,9762023916
10	Mobil Indostation Labruk Kidul	-0,1417802205	1,9762293561
⋮	⋮	⋮	⋮
70	Pertashop 5P.673.24	-0,1408486637	1,9776402635

Sumber: Data diolah (2022)

Sebagai contoh, untuk SPBU Pertamina 54.673.13 diperoleh titik *latitude* -8,1398251217 dan titik *longitude* 113,2085156333. Jika kedua titik tersebut dikonversikan ke dalam satuan radian, maka

diperoleh titik  $latitude = -8,1398251217 \times \frac{\pi}{180} = -0,1420667489$ , dan titik  $longitude = 113,2085156333 \times \frac{\pi}{180} = 1,9758613391$ . Setelah seluruh titik dikonversi ke dalam satuan radian, maka nilai radian tersebut dimasukkan ke dalam rumus *Haversine Formula*. Setelah hasil perhitungan dilakukan dari masing-masing tempat SPBU, maka tahapan selanjutnya yaitu dengan membuat pemeringkatan berdasarkan jarak dari yang terpendek sampai yang terpanjang, sehingga menghasilkan rekomendasi tempat SPBU berdasarkan jarak. Hasil urutan jarak berdasarkan metode *Haversine Formula* ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Urutan Jarak Berdasarkan *Haversine Formula***

Nama SPBU	Jarak (km)	Ranking
Pertamini (Jogotrunan)	0,495209	1
Pom Mini (Pertamini Seruji)	0,5536674	2
Pom Mini Jagalan	0,5732701	3
Pom Mini Stasiun	0,7997516	4
Mobil Indostation Ditontrunan	1,3453394	5
Pertashop Tompokersan 5P.673.30	1,4134732	6
Mobil Indostation Labruk Kidul	1,4366609	7
SPBU 54.673.05	1,540536	8
SPBU Pertamina 54.673.13	1,817842	9
SPBU Pertamina 54.673.02	2,3694763	10
⋮	⋮	⋮
SPBU 54.673.10	32,226964	70

Sumber: Data diolah (2022)

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh hasil bahwa Pertamina (Jogotrunan) menempati peringkat pertama untuk urutan rekomendasi SPBU berdasarkan metode *Haversine Formula*. Dari perhitungan metode tersebut, diperoleh bahwa jarak antara alun-alun kota Lumajang dengan Pertamina (Jogotrunan) adalah sejauh 0,495209 km. Pada implementasi metode TOPSIS, kriteria yang digunakan dalam penelitian ini antara lain radius (yang dicari menggunakan *Haversine Formula*), jarak (jarak nyata pada *Google Maps API*), waktu tempuh, dan poin rating. Poin rating diperoleh dari hasil kali rating dengan jumlah ulasan. Sebagai contoh SPBU Pertamina 54.673.13 memperoleh rating 4,3 dengan jumlah ulasan 233. Maka poin ratingnya yaitu  $4,3 \times 233 = 1.001,9$ , Data-data SPBU yang menggunakan alun-alun kota Lumajang sebagai titik awalnya ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Data SPBU**

No	Nama SPBU	Jarak (km)	Radius (km)	Waktu (menit)	Poin Rating
1	SPBU Pertamina 54.673.13	2,50	1,82	6	1001,9
2	SPBU Pertamina 54.673.02	3,40	2,37	10	946
3	SPBU 54.673.05	1,90	1,54	5	872,9
4	SPBU Pertamina 54.673.11	4,70	3,65	11	1061,9
5	Pertamini (Jogotrunan)	0,70	0,50	2	5
6	Pom Mini Jagalan	0,55	0,57	1	0
7	Pom Mini Stasiun	1,20	0,80	4	7
8	Pom Mini (Pertamini Seruji)	0,85	0,55	3	5
9	Pertashop Tompokersan 5P.673.30	2,00	1,41	6	5
10	Mobil Indostation Labruk Kidul	4,20	1,44	10	10
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
70	Pertashop 5P.673.24	16,60	11,93	29	17,2

Sumber: Data diolah (2022)

Tahap awal pada penghitungan metode TOPSIS yaitu dengan mengonversi data SPBU di Tabel 4 ke dalam *fuzzy* (nilai antara 0 dan 1). Nilai 0 dan 1 dari untuk kriteria jarak (C1) dan radius (C2) yaitu bernilai 1 untuk jarak dan radius terpendek, kriteria waktu (C3) yaitu bernilai 1 untuk waktu tersingkat, dan kriteria skor rating (C4) yaitu bernilai 1 untuk skor tertinggi. Hasil konversi data SPBU ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Data SPBU yang Telah Dikonversi**

No	Nama SPBU	C1	C2	C3	C4
1	SPBU Pertamina 54.673.13	0,95	0,94	0,94	0,16
2	SPBU Pertamina 54.673.02	0,93	0,93	0,90	0,15
3	SPBU 54.673.05	0,96	0,95	0,95	0,14
4	SPBU Pertamina 54.673.11	0,90	0,89	0,89	0,17
5	Pertamini (Jogotrunan)	0,98	0,98	0,98	0,00
6	Pom Mini Jagalan	0,99	0,98	0,99	0,00
7	Pom Mini Stasiun	0,97	0,98	0,96	0,00
8	Pom Mini (Pertamini Seruji)	0,98	0,98	0,97	0,00
9	Pertashop Tompokersan 5P.673.30	0,96	0,96	0,94	0,00
10	Mobil Indostation Labruk Kidul	0,91	0,96	0,90	0,00
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
70	Pertashop 5P.673.24	0,64	0,63	0,72	0,00

Sumber: Data diolah (2022)

Setelah data SPBU dikonversi ke dalam fuzzy, maka masuk ke tahap TOPSIS. Langkah pertama yaitu menghitung matriks yang ternormalisasi. Hasil matriks yang ternormalisasi ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6. Matriks yang Telah Ternormalisasi**

Alternatif	C1	C2	C3	C4
A1	0,1394	0,1427	0,1333	0,0188
A2	0,1338	0,1376	0,1225	0,0168
A3	0,1432	0,1453	0,1360	0,0143
A4	0,1258	0,1260	0,1199	0,0211
A5	0,1510	0,1554	0,1445	0,0000
A6	0,1520	0,1546	0,1474	0,0000
A7	0,1478	0,1524	0,1388	0,0000
A8	0,1501	0,1548	0,1417	0,0000
A9	0,1426	0,1465	0,1333	0,0000
A10	0,1288	0,1463	0,1225	0,0000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A70	0,0644	0,0636	0,0776	0,0000

Sumber: Data diolah (2022)

Langkah selanjutnya yaitu menghitung matriks yang ternormalisasi terbobot. Untuk kriteria jarak, radius, dan waktu memiliki bobot 0,3, sementara skor rating memiliki bobot 0,1. Hasil matriks ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Matriks yang Telah Ternormalisasi Terbobot**

Alternatif	C1	C2	C3	C4
A1	0,0418	0,0428	0,0400	0,0019
A2	0,0401	0,0413	0,0368	0,0017
A3	0,0430	0,0436	0,0408	0,0014
A4	0,0377	0,0378	0,0360	0,0021
A5	0,0453	0,0466	0,0434	0,0000
A6	0,0456	0,0464	0,0442	0,0000
A7	0,0443	0,0457	0,0417	0,0000
A8	0,0450	0,0464	0,0425	0,0000
A9	0,0428	0,0440	0,0400	0,0000
A10	0,0387	0,0439	0,0368	0,0000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A70	0,0193	0,0191	0,0233	0,0000

Sumber: Data diolah (2022)

Langkah selanjutnya yaitu menentukan matriks ideal positif ( $A^+$ ) dan ideal negatif ( $A^-$ ). Solusi ideal positif dan negatif diperoleh dari nilai maksimum (solusi ideal positif) dan nilai minimum (solusi ideal minimum) dari hasil normalisasi terbobot pada Tabel 7 untuk masing-masing kriteria. Matriks ideal positif dan negatif ditunjukkan pada Tabel 8

**Tabel 8. Matriks Ideal Positif dan Negatif**

A+	0,045608986	0,046610231	0,044214278	0,070432418
A-	0,000000000	0,000000000	0,000000000	0,000000000

Sumber: Data diolah (2022)

Langkah berikutnya yaitu menghitung jarak solusi ideal positif ( $D^+$ ) dan solusi ideal negatif ( $D^-$ ). Hasil jarak solusi ideal positif dan negatif ditunjukkan pada Tabel 9.

**Tabel 9. Jarak Solusi Ideal Positif dan Negatif**

Alternatif	$D^+$	$D^-$
A1	0,0688903	0,07199753
A2	0,0695804	0,06831481
A3	0,069204	0,07358141
A4	0,0698185	0,06444131
A5	0,0704383	0,07813465
A6	0,0704328	0,07865301
A7	0,0704962	0,07609282
A8	0,070456	0,07738838
A9	0,0706661	0,07321467
A10	0,0712191	0,06907123
⋮	⋮	⋮
A70	0,082761	0,0357503

Sumber: Data diolah (2022)

Setelah mengetahui jarak solusi ideal positif dan negatif, maka tahap akhir dari metode TOPSIS yaitu menghitung nilai preferensi untuk setiap alternatif. Kemudian, nilai preferensi diurutkan dari nilai yang terbesar ke yang terkecil. Penghitungan nilai preferensi dan urutan pemeringkatan seperti pada Tabel 10.

**Tabel 10. Jarak Solusi Ideal Positif dan Negatif**

Alternatif	Nama SPBU	Nilai Preferensi	Ranking
A1	SPBU Pertamina 54.673.13	0,511027304	9
A2	SPBU Pertamina 54.673.02	0,495411128	11
A3	SPBU 54.673.05	0,515328778	7
A4	SPBU Pertamina 54.673.11	0,479974837	17
A5	Pertamini (Jogotrunan)	0,525900972	4
A6	Pom Mini Jagalan	0,527568767	3
A7	Pom Mini Stasiun	0,519089519	6
A8	Pom Mini (Pertamini Seruji)	0,52344483	5
A9	Pertashop Tompokersan 5P.673.30	0,508856638	10
A10	Mobil Indostation Labruk Kidul	0,492344825	12
⋮	⋮	⋮	⋮
A29	SPBU 54.673.06	0,709894833	1
⋮	⋮	⋮	⋮
A70	Pertashop 5P.673.24	0,301661486	51

Sumber: Data diolah (2022)

Terakhir, dilakukan pengujian metode yaitu dengan membandingkan pemeringkatan berdasarkan metode *Haversine Formula* saja terhadap metode *Haversine Formula* + TOPSIS. Uji coba dilakukan sebanyak 10 kali dengan 10 lokasi titik awal yang berbeda. Dari 10 kali percobaan, terdapat berbagai urutan rekomendasi SPBU baik menggunakan pemeringkatan *Haversine Formula* saja (pengukuran jarak) maupun *Haversine Formula* + TOPSIS. Hasil pemeringkatan terbaik dalam 10 percobaan ditampilkan pada Tabel 11.

**Tabel 11. Hasil Pemeringkatan Terbaik Rekomendasi SPBU dalam 10 Percobaan**

Percobaan	Lokasi Titik Awal	Metode Pemeringkatan Terbaik		
		Sama	Haversine	Haversine + TOPSIS
A1	Alun-alun Lumajang	5	50	15
A2	Institut Teknologi dan Bisnis Widya Gama Lumajang	7	43	20
A3	Water Park Lumajang	11	36	23
A4	Stasiun Klakah	12	24	34
A5	MOPIC Cinema Plaza Lumajang	5	45	20
A6	Pemandian Selokambang	4	53	13
A7	Kebun Teh Kertowono Gucialit	2	27	41
A8	Pantai Watu Pecak	9	49	12
A9	Pura Mandara Giri Semeru Agung	8	29	33
A10	Museum Daerah Lumajang	13	34	23
<b>Total</b>		76	390	234
<b>Persentase</b>		10,86%	55,71%	33,43%

Sumber: Data diolah (2022)

Dari Tabel 11, diperoleh hasil dalam sepuluh kali percobaan, terdapat 76 tempat SPBU yang memiliki urutan ranking yang sama baik metode *Haversine* maupun *Haversine* + TOPSIS, 390 tempat yang memiliki urutan ranking terbaik berdasarkan metode *Haversine*, dan 234 tempat yang memiliki urutan ranking terbaik berdasarkan metode *Haversine* + TOPSIS. Untuk metode pemeringkatan *Haversine* + TOPSIS, ada 3 dari 10 percobaan yang memiliki tempat terbanyak dengan peringkat terbaik, yaitu percobaan ke-4 (titik awal Stasiun Klakah), percobaan ke-7 (titik awal Kebun Teh Kertowono Gucialit), dan percobaan ke-9 (titik awal Pura Mandara Giri Semeru Agung).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis, didapatkan bahwa implementasi metode TOPSIS dalam sistem pendukung keputusan penentuan rekomendasi SPBU di Kabupaten Lumajang diawali dari penentuan kriteria, yaitu jarak nyata dua titik berdasarkan *Google Maps API*, radius dua titik berdasarkan *Haversine Formula*, waktu tempuh, dan skor rating yang diperoleh dari hasil kali rating dengan banyaknya ulasan. Kemudian penghitungan metode TOPSIS dimulai dari mengkonversikan nilai data SPBU ke dalam *fuzzy*, menghitung matriks ternormalisasi dan ternormalisasi terbobot. menentukan solusi ideal positif dan negatif, mencari jarak solusi ideal positif dan negatif, dan diakhiri dengan menghitung nilai preferensi. Nilai preferensi menjadi sebuah acuan untuk pemeringkatan metode TOPSIS, dengan nilai preferensi tertinggi sebagai peringkat pertamanya. Pada penelitian ini, untuk metode pemeringkatan terbaik, terdapat 76 tempat SPBU yang memiliki urutan ranking yang sama baik metode *Haversine* maupun *Haversine + TOPSIS*, 390 tempat yang memiliki urutan ranking terbaik berdasarkan metode *Haversine*, dan 234 tempat yang memiliki urutan ranking terbaik berdasarkan metode *Haversine + TOPSIS*. Untuk metode pemeringkatan *Haversine + TOPSIS*, ada 3 dari 10 percobaan yang memiliki tempat terbanyak dengan peringkat terbaik, yaitu percobaan ke-4 (titik awal Stasiun Klakah), percobaan ke-7 (titik awal Kebun Teh Kertowono Gucialit), dan percobaan ke-9 (titik awal Pura Mandara Giri Semeru Agung).

## REFERENCES

- Brummelen, G. (2013). *Heavenly Mathematics: The Forgotten Art of Spherical Trigonometry*. Princeton University Press.
- Farid, & Yunus, Y. (2017). Analisa Algoritma Haversine Formula untuk Pencarian Lokasi Terdekat Rumah Sakit dan Puskesmas Provinsi Gorontalo. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 353-355.
- Harja, Y. D., & Sarno, R. (2018). Determine the best option for nearest medical services using Google maps API, Haversine and TOPSIS algorithm. *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)* (pp. 814-819). IEEE.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi Atribut Decision Making (FUZZY MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lide, D. R. (2000). *Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Press.
- Mahendra, G. S., & Indrawan, I. Y. (2020). Metode AHP-TOPSIS pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penempatan Automated Teller Machine. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 130-135.
- Muzakkir, I. (2017). Penerapan Metode TOPSIS untuk Sistem Pendukung Keputusan Penentu Keluarga Miskin pada Desa Panca Karsa II. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 274-281.
- Prasetio, A. (2021). Perancangan Aplikasi Simulasi Metode Haversine dalam Pencarian Lokasi PKL Terdekat untuk Siswa/i SMKS Mustafa Perbaungan. *Jurnal Sistem Informasi Kaputama*, 99-105.
- Pribadi, D., Saputra, R. A., Hudin, J. M., & Gunawan. (2020). *Sistem Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rahayu, S., Fanni, R., & Bima, K. (2022). Perbandingan Haversine Formula dan Euclidean Distance dalam Pencarian Jarak Terdekat Rumah Penampungan Hewan (Shelter). *Jurnal Ilmiah FIFO*, 25-34.
- Retnani, W. E., Istiadi, D., & Roqib, A. (2015). Pencarian SPBU Terdekat dan Penentuan Jarak Terpendek Menggunakan Algoritma Dijkstra (Studi Kasus di Kabupaten Jember). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 89-93.
- Sari, F. (2018). *Metode dalam Pengambilan Keputusan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sugiarto, H. (2021). Penerapan Metode Topsis untuk Pemilihan Perumahan. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 176-180.

- Svennerberg, G. (2010). *Beginning Google Maps API 3*. New York: Springer Science+Business Media, LLC.
- Wachid, A. N., Sampurna, B., & Rahman, A. F. (2018). *Keselamatan SPBU Pedoman Teknis dan Pembelajaran dari Kejadian*. Jakarta.
- Widiyaningtyas, T., Prabowo, M. I., & Pratama, M. A. (2017). Implementation of K-Means Clustering Method to Distribution of High School Teachers. *In: 2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, (pp. 1-6). Yogyakarta.
- Yulianto, Ramadiani, & Kridalaksana, A. H. (2018). Penerapan Formula Haversine pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Jarak Terdekat Lokasi Lapangan Futsal. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 13(1), 14-21.