



Optimasi Pemetaan Ruang Makam Pada TPU Di Jakarta Menggunakan *Quantum GIS* Dengan Metode *Haversine Formula*

Ryfan Maulana Putra Hertaryawan^{*1}, Dadang Iskandar Mulyana², Yuma Akbar³

^{*1,2,3}Program Studi Teknik Informatika Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta karya Informatika, Jakarta, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: Ryfan@stikomcki.ac.id

Abstrak

Taman Pemakaman Umum (TPU) adalah lahan yang disediakan oleh pemerintah daerah untuk keperluan pemakaman jenazah, tanpa memandang agama atau golongan. Di kota-kota padat seperti DKI Jakarta, kebutuhan akan lahan pemakaman sulit terpenuhi karena tingginya populasi yang dipengaruhi oleh kelahiran dan migrasi perkotaan, yang meningkatkan angka kematian secara tidak langsung. Ketidakakuratan dalam pemetaan lokasi makam karena kepadatan lahan juga menyulitkan pengelola dan pengunjung TPU dalam menemukan makam, terutama yang sudah lama dan rusak nisannya. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan ruang makam dengan akurasi lebih tinggi di TPU Susukan menggunakan QGIS untuk visualisasi data dengan GPS smartphone. Hasilnya, peta yang dihasilkan diuji menggunakan load time. Metode Haversine Formula digunakan untuk menghitung jarak antar makam, dibandingkan dengan Euclidean Distance dan perhitungan manual. Hasil Load Time menunjukkan Google Chrome memiliki waktu muat tercepat (170 ms) namun menggunakan memori yang tinggi (98,61 MB), sementara Mozilla Firefox menawarkan waktu muat yang cepat (200 ms) dengan penggunaan memori yang lebih efisien (44 MB). Hasil pengujian Haversine Formula menunjukkan rata-rata akurasi tertinggi sebesar 91,95%, sedangkan Euclidean Distance memiliki rata-rata akurasi 91,94% dalam perbandingan jarak. Berdasarkan hasil penelitian, Haversine Formula dapat membantu dalam pembuatan peta makam dengan menghitung jarak antar lokasi makam.

Kata kunci—Ruang Makam, Sistem Informasi Geografis, QGIS, Haversine Formula, Euclidean Distance

Abstract

Public Cemetery (TPU) is an area provided by local governments for burying deceased individuals regardless of religion or social status. In densely populated cities like DKI Jakarta, the demand for burial land is challenging due to the high population influenced by urban birth rates and migration, indirectly increasing mortality rates. Inaccuracies in grave location mapping due to land density also hinder TPU managers and visitors in locating graves, especially those with deteriorated or missing tombstones. This study aims to map grave spaces with higher accuracy at TPU Susukan using QGIS for visualizing data with GPS smartphones. Subsequently, the generated map was tested for load time. The Haversine Formula method was employed to

calculate distances between graves, compared to Euclidean Distance and manual calculations. Load Time results indicated that Google Chrome loads the fastest (170 ms) but uses higher memory (98.61 MB), while Mozilla Firefox offers fast load times (200 ms) with more efficient memory usage (44 MB). Haversine Formula showed the highest average accuracy at 91.95%, whereas Euclidean Distance had an average accuracy of 91.94% in distance comparison. Based on these results, the Haversine Formula can effectively assist in creating cemetery maps by calculating distances between grave sites.

Keywords—Grave Space, Geographic Information Systems, QGIS, Haversine Formula, Euclidean Distance

1. PENDAHULUAN

Lahan pemakaman merupakan bagian dari kebutuhan tanah untuk kepentingan umum. Sebagai tempat penting untuk mengenang dan meratapi orang yang telah meninggal, lahan pemakaman perlu direncanakan dan dipelihara dengan baik. Namun, akurasi lahan pemakaman seringkali menjadi masalah besar, terutama di daerah perkotaan yang padat dan kompleks seperti DKI Jakarta. Dalam konteks perkotaan, jumlah dan kepadatan penduduk jelas lebih tinggi dibandingkan di pedesaan. Oleh karena itu, kebutuhan akan pemakaman menjadi lebih sulit karena memerlukan lahan hijau yang luas. Tantangan utama berasal dari keterbatasan lahan dan pertumbuhan populasi yang terus meningkat. Lonjakan populasi dipengaruhi oleh tingginya angka kelahiran dan urbanisasi, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan angka kematian di daerah perkotaan. Dengan tingginya angka kematian, yang perlu dipertimbangkan adalah ketersediaan lahan pemakaman. Maka dari itu, pemetaan ruang makam di TPU Jakarta menjadi sangat penting untuk mendukung penggunaan lahan yang efisien dan pelayanan yang baik kepada masyarakat [1], [2], [3].

Selain itu, ketidakakuratan dalam pemetaan makam dapat menimbulkan masalah bagi pengelola pemakaman dan menyulitkan pengunjung menemukan makam yang dicari. Kepadatan area pemakaman membuat masyarakat kesulitan berziarah ke makam keluarga atau kerabat. Ini terutama berlaku untuk makam lama yang nisannya rusak atau hilang, tertimbun tanah, galian makam lain, atau tertutup rumput dan semak-semak [4].

Dalam pemetaan area makam di TPU Jakarta, Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah alat yang berguna untuk pemetaan dan meningkatkan akurasi. SIG merupakan sistem yang terdiri dari komponen-komponen yang saling terhubung, dirancang untuk mencapai tujuan tertentu dengan memanfaatkan informasi berbasis geografis. Informasi tersebut meliputi data, fakta, kondisi, dan fenomena daerah yang posisinya dapat diverifikasi di permukaan bumi (bergeofisiensi). Penggunaan SIG diolah dengan menggunakan aplikasi QGIS. QGIS adalah perangkat lunak SIG sumber terbuka yang dapat digunakan secara gratis dan dikembangkan secara terbuka oleh komunitas pengembang global. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara dua titik adalah Rumus Haversine. Rumus ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak lintasan melingkar (radius) antara dua lokasi di permukaan bola, seperti bumi, dengan memperhitungkan koordinat garis bujur dan lintang kedua titik tersebut. Diharapkan QGIS dan Haversine Formula dapat membantu untuk memvisualisasikan lokasi pemakaman dan informasi pemakaman serta mengidentifikasi ruang yang masih tersedia [5], [6], [7], [8], [9].

Dalam penelitian sebelumnya, telah dikembangkan aplikasi navigasi yang mempermudah peziarah dengan menampilkan lokasi saat ini, tujuan makam, dan jalur navigasi pada layar *smartphone* [4]. Kemudian pada penelitian sebelumnya juga membandingkan akurasi antara Haversine Formula dan Euclidean Distance dalam menentukan rute terdekat, yang menunjukkan bahwa metode Euclidean memiliki akurasi rata-rata 99,78%, sedangkan Haversine mencapai akurasi rata-rata 99,88% [10]. Selain itu, ada juga penelitian yang menggunakan ArcGIS untuk pemetaan makam [3]. Meskipun Haversine Formula telah digunakan untuk pencarian rute

terdekat dalam beberapa penelitian, penerapannya dalam pembuatan peta makam masih belum banyak.

Dengan demikian, penulis melakukan penelitian untuk meningkatkan akurasi pemetaan menggunakan SIG dan *Haversine Formula*. *Haversine Formula* dipilih karena memiliki akurasi tinggi dalam menghitung jarak antara dua titik di permukaan bumi dengan mempertimbangkan bentuk bulat bumi [10], [11]. Dibandingkan metode lain seperti *Euclidean Distance*, *Haversine Formula* lebih cocok karena memperhitungkan kelengkungan bumi, sehingga memberikan hasil yang lebih tepat. Penelitian ini diharapkan dapat membantu meningkatkan layanan dan pengalaman berziarah masyarakat pengunjung serta menyelesaikan masalah pemetaan ruang makam di daerah perkotaan yang padat, seperti Jakarta.

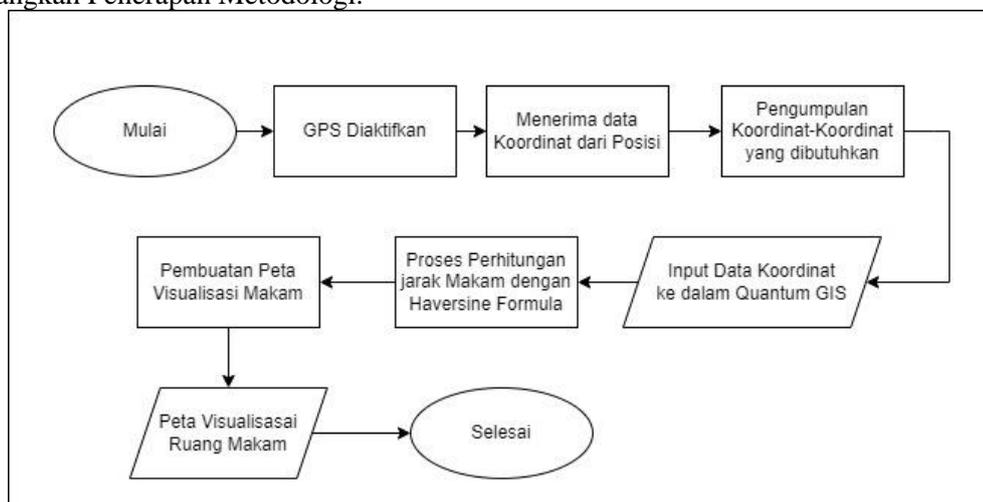
2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini diambil menggunakan fitur *Location Based Service* menggunakan sensor GPS melalui Aplikasi *Google Maps* untuk pengambilan titik-titik koordinat dari makam pada TPU Susukan [12]. Data yang diambil merupakan data publik yang dapat diakses melalui aplikasi peta *Google Maps* dan *Open Street Maps*. Titik Koordinat yang terkumpul berjumlah 7 titik koordinat dan berjumlah 121 petak makam.

2.2 Penerapan Metodologi

Penulis mengumpulkan data titik koordinat makam di TPU Susukan menggunakan GPS pada *smartphone Android* dengan bantuan *Google Maps* untuk mendapatkan *latitude* dan *longitude*. Data tersebut dimasukkan ke aplikasi *QGIS*. Penulis menggunakan peta TPU Susukan di Jakarta Timur dari *Google Satellite* sebagai dasar pemetaan. Karena akurasi GPS *smartphone* terbatas dan sulit mencapai ketepatan di bawah 1 meter, *Haversine Formula* digunakan untuk perhitungan dan pemetaan ruang makam. Nilai yang diperoleh diproses dalam *QGIS*, menghasilkan peta yang menampilkan makam-makam di TPU Susukan. Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah Penerapan Metodologi.



Gambar 1 Diagram Alir Penerapan Metodologi

- 1) GPS Diaktifkan, sensor GPS diaktifkan melalui *smartphone* untuk mengetahui lokasi peneliti.
- 2) Menerima data koordinat dari posisi.
- 3) Pengumpulan Koordinat-Koordinat yang dibutuhkan, koordinat-koordinat titik makam yang diterima dikumpulkan untuk dijadikan data penelitian.

- 4) *Input data* koordinat ke dalam *QGIS* data koordinat makam yang telah dikumpulkan dimasukkan ke dalam *QGIS* sehingga menampilkan titik-titik.
- 5) Proses Perhitungan jarak Makam dengan *Haversine Formula*, karena data koordinat yang diambil melalui smartphone belum mencapai akurasi di bawah 1 meter maka peneliti menggunakan *Haversine Formula* untuk menghitung jarak antar titik.
- 6) Pembuatan Peta Visualisasi Makam, peta TPU dibuat berdasarkan koordinat yang telah dikumpulkan dengan bantuan perhitungan Haversine Formula.
- 7) Peta Visualisasi Ruang Makam, dihasilkan Peta Ruang Makam TPU Susukan

2.3 Rancangan Pengujian

Pada tahap ini, penulis mengevaluasi peta yang dihasilkan untuk menilai kecepatan tampil di berbagai *browser* serta menghitung jarak antara dua titik menggunakan Rumus *Haversine* dengan *Python*. Hasil perhitungan jarak dibandingkan antara Rumus *Haversine* dan Jarak *Euclidean* untuk menguji keakuratannya.

Formula *Haversine* merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung jarak melingkar besar (*great-circle distance*) antara dua titik di permukaan sebuah bola, contohnya bumi [7], [13]. Rumus ini mengasumsikan bahwa bumi berbentuk bulat dengan jari-jari *R* yang sebesar 6.371 km [14], [15], [16]. Untuk menghitung Rumus *Haversine* dijelaskan dalam formula (1).

$$d = 2r \cdot \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1) \cdot \cos(lat_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta long}{2}\right)}\right) \quad (1)$$

Keterangan:

d = Jarak antar lokasi

r = Jari-jari bumi (6.371 km)

Δlat = Perbedaan *latitude* (*lat* 2 – *lat* 1)

$\Delta long$ = Perbedaan *longitude* (*long* 2 – *long* 1)

Jarak *Euclidean* adalah metode untuk menentukan jarak antara dua titik dalam ruang *Euclidean* yang mempelajari hubungan antara sudut dan jarak [11]. Dalam bidang matematika, jarak *Euclidean* digunakan untuk mengukur jarak antara dua titik dalam satu dimensi, menghasilkan hasil yang mirip dengan teorema *Pythagoras* [17]. Metode ini sering diterapkan dalam *data mining* untuk proses klasifikasi. Salah satu algoritma yang menggunakan jarak ini adalah *k-nearest neighbor (k-NN)*, dan jarak *Euclidean* juga sering digunakan dalam algoritma *Image Retrieval* [10], [18], [19]. Rumus *Euclidean Distance* disajikan dalam formula (2).

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

Penjelasan:

d = Jarak antara dua lokasi

*x*1 = Titik *latitude* lokasi 1

*x*2 = Titik *latitude* lokasi 2

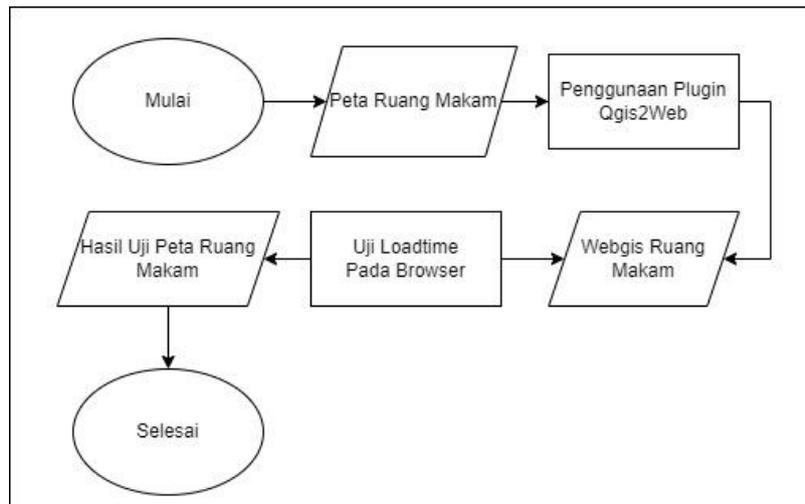
*y*1 = Titik *longitude* lokasi 1

*y*2 = Titik *longitude* lokasi 2

Rumus Akurasi dinyatakan dalam formula (3)

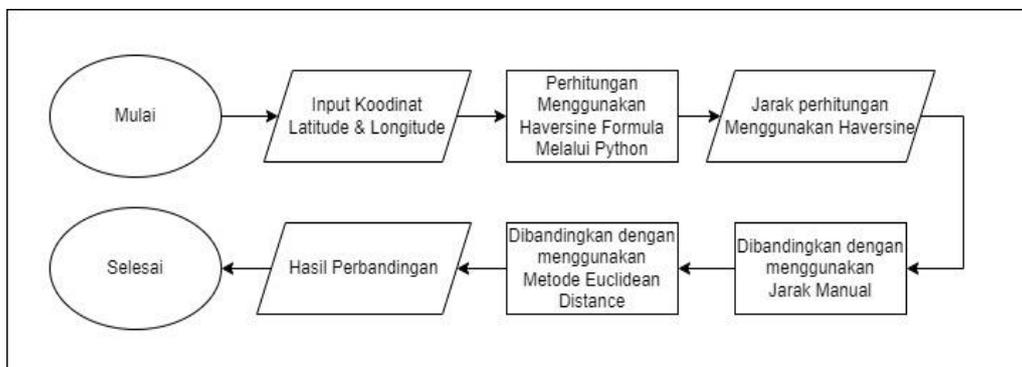
$$Akurasi = \frac{a - a^2}{a} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana, Nilai *a* merujuk pada jarak yang diukur secara manual menggunakan *Google Maps*. Sementara itu, *a*² adalah jarak yang dihitung melalui *Haversine Formula* atau *Euclidean Distance* [10], [11]. Langkah – Langkah Rancangan Pengujian disajikan dalam Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2 Diagram Alir Pengujian *Load Time*

- 1) Peta Ruang Makam, Peta Ruang makam yang telah dibuat kemudian akan diuji.
- 2) Penggunaan Plugin *Qgis2web*, Peneliti merubah peta tadi kedalam bentuk *webgis*.
- 3) *Webgis* Peta Ruang Makam, Peta telah menjadi *webgis* untuk diuji.
- 4) Uji *Loadtime* pada *browser*, *Webgis* yang telah dihasilkan tadi kemudian di uji *load time*-nya pada beberapa *browser*.
- 5) Hasil Uji Peta Ruang Makam, Setelah semua tahap dilakukan, maka hasil uji peta ruang makam (SIG) akan didapatkan.



Gambar 3 Diagram Alir Perbandingan *Haversine Formula*

- 1) *Input* Koordinat *Latitude & Longitude*, Dua titik *latitude* dan *longitude* akan diinput untuk dihitung.
- 2) Perhitungan menggunakan *Haversine formula* melalui Bahasa *Python*, dengan menggunakan bahasa *python* untuk melakukan perhitungan *Haversine Formula* menggunakan dua titik *latitude* dan *longitude* yang diinput.
- 3) Jarak Perhitungan Menggunakan *Haversine*, perhitungan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya akan dibandingkan.
- 4) Dibandingkan dengan menggunakan Metode *Euclidean Distance*, Hasil perhitungan *Haversine formula* pada Langkah 3 kemudian akan dibandingkan dengan metode *Euclidean Distance*.

- 5) Dibandingkan dengan menggunakan Jarak Manual, Hasil perhitungan *Haversine formula* pada tahap 3 akan dibandingkan dengan perhitungan jarak manual yang didapat dari *google maps*.
- 6) Hasil Perbandingan, Hasil Perbandingan dari *Haversine Formula*, *Euclidean Distance* akan disajikan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan TPU Susukan yang berada pada Jakarta Timur sebagai peta dasar. Dalam penelitian ini, Blok terbaru di TPU Susukan dipetakan dengan menggunakan aplikasi QGIS.

3.1 Perhitungan Haversie Formula

Perhitungan *Haversine Formula* dilakukan dengan bantuan Bahasa pemrograman *Python* dengan titik sebagai berikut:

Perhitungan Horizontal:

Untuk menghitung jarak horizontal antar makam, digunakan koordinat:

Titik 1: (-6.31177143, 106.87323627)

Titik 2: (-6.31182417, 106.87331158)

Menggunakan *Python*, hasil perhitungan dengan *Haversine Formula* menunjukkan jarak horizontal antara kedua titik adalah 10,18 meter.

Perhitungan Vertikal:

Untuk menghitung jarak vertikal antar makam, digunakan koordinat:

Titik 1: (-6.31177143, 106.87323627)

Titik 2: (-6.31182408, 106.87319618)

Hasil perhitungan dengan *Haversine Formula* menunjukkan jarak vertikal antara kedua titik adalah 7,34 meter. Gambar 4 menunjukkan kode program python untuk menghitung *Haversine Formula*.

```

1 import math
2
3 # Fungsi untuk menghitung jarak menggunakan rumus Haversine
4 def haversine(lon1, lat1, lon2, lat2):
5     # Konversi derajat ke radian
6     lon1, lat1, lon2, lat2 = map(math.radians, [lon1, lat1, lon2, lat2])
7
8     # Haversine formula
9     dlon = lon2 - lon1
10    dlat = lat2 - lat1
11    a = math.sin(dlat / 2)**2 + math.cos(lat1) * math.cos(lat2) * math.sin(dlon / 2)**2
12    c = 2 * math.asin(math.sqrt(a))
13
14    # Radius bumi dalam meter
15    r = 6371000
16
17    # Menghitung jarak
18    distance = c * r
19    return distance
20
21 # Koordinat titik pertama (dalam format [latitude, longitude])
22 lat1, lon1 = -6.31177143, 106.87323627
23
24 # Koordinat titik kedua (dalam format [latitude, longitude])
25 lat2, lon2 = -6.31182417, 106.87331158
26
27 # Menghitung jarak
28 jarak = haversine(lon1, lat1, lon2, lat2)
29
30 # Menampilkan hasil
31 print(f"Jarak antara titik pertama dan titik kedua adalah {jarak:.2f} meter.")
32

```

Gambar 4 Program *Python* Perhitungan *Haversine Formula*

3.2 Perhitungan Jarak Antar Makam

Selanjutnya, jarak antar makam dihitung dengan memperhitungkan total panjang *Haversine* (10,18 m dan 7,34 m), ukuran makam (0,9 meter x 1,75 meter) dan jumlah makam (10 dan 4). Untuk menghitung Rumus perhitungan jarak antar makam dijelaskan dalam formula (4).

$$\text{Jarak antar makam} = \frac{\text{Total Panjang} - (\text{Jumlah Makam} \times \text{Ukuran Makam})}{\text{Jumlah Jarak Makam}} \quad (4)$$

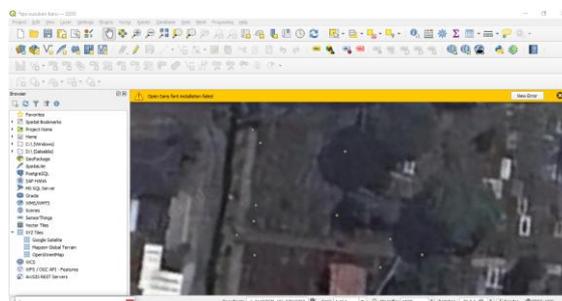
Dengan mempertimbangkan ukuran makam (0,9 meter x 1,75 meter) dan jumlah makam 10 (*Horizontal*) dan 4 (*Vertikal*), maka jarak *horizontal* dan *vertikal* antar makam didapatkan untuk digambarkan pada peta TPU Susukan, dengan nilai jarak antar makam *horizontal* sebesar 0,1313 meter (13,13 cm) dan jarak vertikal sebesar 0,1140 meter (11,40 cm).

3.3 Pembuatan Peta Makam

Penulis menggunakan *QGIS* versi 3.36.1 seperti dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Langkah awal dalam memulai proyek baru adalah mengatur Sistem Referensi Koordinat (*CRS*) ke "*EPSG:4326 - WGS 84*". Selanjutnya, *layer Google Satellite* ditambahkan sebagai latar belakang peta, dengan fokus pada TPU Susukan di Jakarta Timur. Data koordinat makam disusun dalam format *.csv* dan diimpor ke aplikasi *QGIS* menggunakan menu "*Delimited Text*". Opsi *custom delimiters* dipilih dengan *tab* dan *semicolon* dicentang. Pada bagian *Geometry Definition*, kolom X diatur sebagai "*Longitude*" dan kolom Y sebagai "*Latitude*". Pastikan penggunaan *CRS "EPSG:4326 - WGS 84"* untuk geometri, lalu tambahkan layer dari file *.csv* ke dalam proyek dengan mengklik tombol "*add*" [20]. Setelah file *.csv* ditambahkan, akan muncul titik koordinat dari makam yang terletak di blok baru TPU Susukan. Titik-titik ini ditandai dengan simbol berbentuk lingkaran berwarna hijau. Dibuat layer baru dengan nama "*base*", "*jalan*", dan "*makam*". *Layer "base"* digunakan sebagai dasar peta di atas *Layer Google Satellite*. Setiap *layer* memiliki pengaturan aturan yang sesuai dengan tipe geometri yang digunakan. *Layer "jalan"* menampilkan simbol jalan dengan *geometry type "LineString"*, sementara *Layer "base"* dan "*makam*" menggunakan *geometry type "Polygon"*.



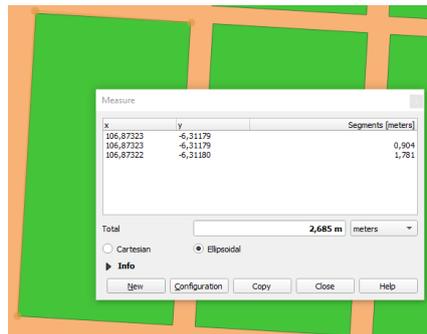
Gambar 5 Tampilan Menu *Delimited Text*



Gambar 6 Tampilan Titik Koordinat Pada TPU SUSUKAN

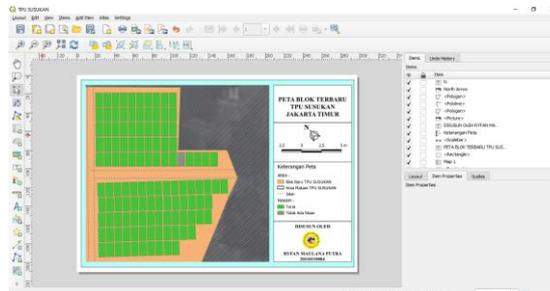
Makam dibuat dengan ukuran lebar 0,9 meter dan panjang 1,75 meter untuk setiap makam. Jarak antar makam adalah 0,1313 meter (13,13 sentimeter) ke samping dan 0,1140 meter (11,40 sentimeter) ke bawah. Penempatan makam didasarkan pada perhitungan *Haversine*

Formula, dengan panjang total 10,18 meter dari titik awal hingga titik akhir koordinat per baris seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Ukuran Makam pada Peta

Setelah semua elemen peta selesai disusun, langkah berikutnya adalah membuat legenda peta dan mengonversi peta ke format yang dapat dicetak atau diubah menjadi format digital seperti dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Proses Pembuatan Format Digital

3.4 Pengujian Load Time Peta Makam

Peta Makam yang dibuat dengan *QGIS* diubah menjadi format web menggunakan plugin *qgis2web*. *Qgis2Web* adalah plugin untuk Quantum GIS yang memungkinkan pembuatan peta web dari proyek QGIS yang telah ada [6]. Peta tersebut kemudian diuji pada browser seperti *Google Chrome*, *Mozilla Firefox*, dan *Microsoft Edge*. Setelah konversi, peta diunggah ke URL Ryfanmaulana16.github.io/webgis untuk diuji. Table 1 merupakan hasil perbandingan pada masing-masing browser.

Tabel 1 Perbandingan Load Time Peta pada browser

<i>Browser</i>	Waktu Proses	Memori
<i>Google Chrome</i>	170 ms	98,61 MB
<i>Mozilla Firefox</i>	200 ms	44 MB
<i>Microsoft Edge</i>	570 ms	61,4 MB

3.5 Pengujian Haversine Formula

Untuk mengevaluasi ketepatan *Formula Haversine* dalam mengukur jarak, perbandingan dilakukan dengan metode Jarak *Euclidean*. Hasil dari kedua metode tersebut selanjutnya dibandingkan dengan perhitungan manual menggunakan *Google Maps* untuk menentukan metode yang paling akurat. Data sampel yang digunakan dalam pengujian disajikan dalam Tabel 2. Tabel 3 menunjukkan hasil perbandingan jarak yang dihitung menggunakan *Haversine Formula* dengan referensi dari *Google Maps*. Tabel 4 menampilkan perbandingan jarak yang dihitung menggunakan *Euclidean Distance* dengan referensi dari *Google Maps*.

Tabel 2 Data Sample Pengujian

Titik	Latitude	Longitude
Lokasi Mulai	-6,31177143	106,87323627
Lokasi 1	-6,31182408	106,87319618
Lokasi 2	-6,31182417	106,87331158
Lokasi 3	-6,31187804	106,87327107
Lokasi 4	-6,312498512510275	106,87482445719093

Tabel 3 Pengujian Haversine Formula

No	Latitude	Longitude	Manual	Haversine Formula	Akurasi
1	-6,31182408	106,87319618	6,5	7,34	87,08%
2	-6,31182417	106,87331158	12,23	10,18	83,25%
3	-6,31187804	106,87327107	13,54	12,46	92,02%
4	-6,312498512510275	106,87482445719093	196,21	193,25	98,49%
5	-6,311682219895229	106,87489306982853	181,43	183,38	98,92%
				Akurasi	91,95%

Tabel 4 Pengujian Euclidean Distance

No	Latitude	Longitude	Manual	Euclidean Distance	Akurasi
1	-6,31182408	106,87319618	6,5	7,34	87,08%
2	-6,31182417	106,87331158	12,23	10,2	83,43%
3	-6,31187804	106,87327107	13,54	12,44	91,87%
4	-6,312498512510275	106,87482445719093	196,21	193,88	98,81%
5	-6,311682219895229	106,87489306982853	181,43	184,17	98,49%
				Akurasi	91,94%

Hasil pengujian yang membandingkan jarak aktual dengan referensi dari *Google Maps*, Formula *Haversine* menunjukkan tingkat akurasi yang lebih tinggi, yaitu 91,95%, sementara Jarak *Euclidean* memiliki akurasi sebesar 91,94%.

3.6 Hasil Penelitian

Dari Pengujian yang telah dilakukan, maka dihasilkan sebuah Peta Makam TPU Susukan Blok baru, Hasil Pengujian *Load Time* Dan Hasil Pengujian *Haversine Formula* sebagai berikut:

3. 6.1 Hasil Peta Makam TPU Susukan

Penelitian ini menghasilkan peta makam TPU Susukan yang ditampilkan pada Gambar 9.



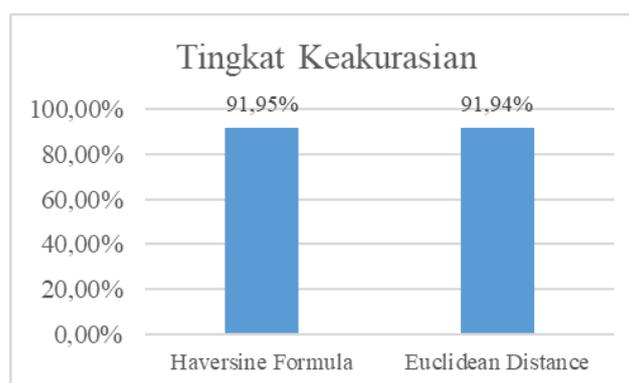
Gambar 9 Hasil Peta yang Sudah Dibuat

3. 6.2 Hasil Pengujian Load Time

Google Chrome memiliki waktu muat tercepat (170ms) dengan penggunaan memori tinggi, mencapai 98,61 MB. *Mozilla Firefox* menawarkan keseimbangan antara waktu muat yang cepat (200 ms) dan penggunaan memori efisien, hanya 44 MB. Sementara itu, *Microsoft Edge* menampilkan waktu muat yang lebih lambat (570 ms) dengan penggunaan memori sekitar 61,14 MB.

3. 6.3 Hasil Pengujian Load Time

Pengujian menunjukkan bahwa *Haversine Formula* memiliki akurasi tertinggi, yaitu 91,95%, sedangkan *Euclidean Distance* memiliki akurasi 91,94% dalam membandingkan jarak dengan referensi *Google Maps*.



Gambar 10 Diagram Hasil Perbandingan Akurasi

Gambar 10 menunjukkan Hasil perbandingan akurasi. Perbedaan nilai akurasi antara kedua metode ini disebabkan oleh faktor pendekatan dalam perhitungan jarak. *Haversine Formula* memperhitungkan kelengkungan bumi, sehingga lebih akurat untuk jarak yang lebih besar. Sebaliknya, *Euclidean Distance* menghitung jarak garis lurus tanpa mempertimbangkan kelengkungan bumi, yang menyebabkan sedikit perbedaan hasil. Sehingga *Haversine Formula* cenderung memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan *Euclidean Distance* [11].

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian mengindikasikan bahwa Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan untuk menyediakan informasi mengenai lokasi makam dengan membuat peta makam. Selain itu, Rumus Haversine dapat dipakai untuk menghitung jarak antar makam dengan mempertimbangkan koordinat latitude dan longitude dari setiap titik. Penerapan QGIS dalam pembuatan peta dan penggunaan Rumus *Haversine* dalam konteks area pemakaman dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pengambilan Koordinat melalui *smartphone* belum akurat, sehingga terkadang titik koordinat tidak sesuai dengan lokasi pengambilan.
- Perbedaan dalam penanganan presisi dan pembulatan angka desimal adalah faktor utama yang menyebabkan perhitungan *Haversine* antara manual dan *Python* berbeda
- Hasil *Load Time* menunjukkan *Google Chrome* memiliki waktu muat tercepat (170 ms) namun menggunakan memori yang tinggi (98,61 MB), sementara *Mozilla Firefox* menawarkan waktu muat yang cepat (200 ms) dengan penggunaan memori yang lebih efisien (44 MB).
- *Haversine Formula* menunjukkan akurasi tertinggi sebesar 91,95%, sedangkan *Euclidean Distance* memiliki akurasi 91,94% dalam perbandingan jarak.

5. SARAN

Saran-saran yang diusulkan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini memiliki potensi untuk dikembangkan sehingga peta digital dapat diimplementasikan sebagai Sistem Informasi Geografis yang dapat diakses oleh masyarakat luas.
2. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan alat GPS yang lebih andal dari pada *smartphone* untuk meningkatkan akurasi pengambilan titik koordinat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Redaksi Jurnal Teknik Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberi kesempatan, sehingga artikel ilmiah ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Pradana, B. N. Priambudi, M. Indra, dan H. Wijaya, "SPECTA Journal of Technology Ketersediaan Lahan Pemakaman Saat Pandemi Covid-19 (Studi Kasus: Kota Surakarta Dengan Pemanfaatan Open Data)," *SPECTA Journal of Technology*, vol. 5, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.itk.ac.id/index.php/sjt>
- [2] R. Wahyu Prasetyo, H. Pungky Naga Dewa, dan S. Sutomo, "Evaluasi Tempat Pemakaman Umum (TPU) di Kota Purwokerto, Kabupaten Banyumas," *AL-MIKRAJ Jurnal Studi Islam dan Humaniora (E-ISSN 2745-4584)*, vol. 4, no. 1, hlm. 325–334, Agu 2023, doi: 10.37680/almikraj.v4i1.3608.
- [3] M. L. Schmidt, F. Yuan, dan W. Jang, "Cemetery Mapping and Digital Data Analysis: A Case Study in Minnesota, USA," *Journal of Geography and Geology*, vol. 12, no. 2, hlm. 40, Agu 2020, doi: 10.5539/jgg.v12n2p40.
- [4] A. Fahrozi dan M. Kevin Putra Zona, "MAQBARAH: Sistem Informasi Posisi dan Navigasi Makam pada Suatu Pemakaman."
- [5] M. Ibnu Sa, M. Surahmanto, M. Rizki Pratono Soemari, dan M. Syukri Mustafa, "Sistem Informasi Geografis (SIG) Pemetaan Kost-Kosan Menggunakan Metode Formula Haversine," *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, vol. 4, hlm. 54–65, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://tunasbangsa.ac.id/ejurnal/index.php/jsakti>
- [6] A. Info *dkk.*, "Jurnal Multimedia dan Teknologi Informasi SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PEMETAAN LOKASI WISATA DI SUMATERA BARAT BERBASIS WEBGIS MENGGUNAKAN QGIS," 2022, doi: 10.54209/jatilima.
- [7] A. Dwi Rifka Kurniawan, A. Mahmudi, dan H. Zulfia Zahro, "PENERAPAN METODE HAVERSINE FORMULA PADA SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PENCARIAN LAUNDRY TERDEKAT DI KELURAHAN TASIKMADU BERBASIS MOBILE ANDROID," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 7, no. 4, 2023.
- [8] M. Iqbal, P. Lestari, dan N. Kurniati, "Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam Penerapan Metode Haversine Pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Lokasi Laundry Terdekat di Kota Makassar INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK," vol. 2, no. 1, hlm. 12–16, 2021.
- [9] A. Adil, *Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2017.
- [10] S. Rahayu, F. Ramziani, dan B. Kuswara, "Perbandingan Haversine Formula dan Euclidean Distance dalam Pencarian Jarak Terdekat Rumah Penampungan Hewan (Shelter)," *Jurnal Ilmiah FIFO*, vol. 14, no. 1, hlm. 23, Mei 2022, doi: 10.22441/fifo.2022.v14i1.003.
- [11] Y. Miftahuddin, S. Umaroh, dan F. R. Karim, "PERBANDINGAN METODE PERHITUNGAN JARAK EUCLIDEAN, HAVERSINE, DAN MANHATTAN DALAM PENENTUAN POSISI KARYAWAN," *Jurnal Tekno Insentif*, vol. 14, no. 2, hlm. 69–77, Agu 2020, doi: 10.36787/jti.v14i2.270.

-
- [12] K. Saputra, N. Nazaruddin, D. H. Yunardi, dan R. Andriyani, "Implementation of Haversine Formula on Location Based Mobile Application in Syiah Kuala University," dalam *2019 IEEE International Conference on Cybernetics and Computational Intelligence (CyberneticsCom)*, 2019, hlm. 40–45. doi: 10.1109/CYBERNETICSCOM.2019.8875686.
- [13] D. D. Prihantoro dan M. I. Wahyuddin, "Implementasi Algoritma Haversine Formula dan Location Based Service Pada Aplikasi Pencarian Lokasi Bird Contest Berbasis Android," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 6, no. 1, hlm. 663, Jan 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3546.
- [14] V. H. Nabilla, Indonesia, Dony Permana, dan Fadhilah Fitri, "Comparison of Haversine and Euclidean Distance Formula for Calculating Distance Between Regencies in West Sumatra," *UNP Journal of Statistics and Data Science*, vol. 1, no. 3, hlm. 120–125, Mei 2023, doi: 10.24036/ujsds/vol1-iss3/39.
- [15] C. Husada, K. Dwi Hartomo, dan H. Prillysca Chernovita, "Implementasi Haversine Formula untuk Pembuatan SIG Jarak Terdekat ke RS Rujukan COVID-19," *Jurnal Resti*, vol. 1, no. 3, hlm. 874–883, 2020.
- [16] S. Winoto, A. Fadlil, dan R. Umar, "Penerapan Haversine Formula Pada Penerimaan Peserta Didik Baru Jalur Zonasi," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 4, no. 1, hlm. 103, Jan 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1573.
- [17] R. Palupi, D. A. Yulianna, dan S. S. Winarsih, "Analisa Perbandingan Rumus Haversine Dan Rumus Euclidean Berbasis Sistem Informasi Geografis Menggunakan Metode Independent Sample t-Test," *JITU: Journal Informatic Technology And Communication*, vol. 5, no. 1, hlm. 40–47, Jul 2021, doi: 10.36596/jitu.v5i1.494.
- [18] A. Akbar dan D. Mulyana, "Optimasi Klasifikasi Batik Betawi Menggunakan Data Augmentasi Dengan Metode KNN Dan GLCM," *Jurnal Aplikasi Teknologi Informasi dan Manajemen (JATIM)*, vol. 3, no. 2, Nov 2022, doi: 10.31102/jatim.v3i2.1577.
- [19] A. Hafidz, D. I. Mulyana, D. B. Sumantri, dan K. S. Nugroho, "Identification of Buni Fruit Image Using Euclidean Distance Method," *Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika*, vol. 6, no. 2, hlm. 392–398, Mar 2022, doi: 10.33395/sinkron.v7i2.11333.
- [20] Aliya Raihana, Zaky Ahmad Faisal, Muhammad Fiqih, Irna Aulia, Muhamad Yazid Imani, dan Walidatush Sholihah, "PEMANFAATAN APLIKASI QGIS UNTUK PEMETAAN TOKO OBAT HAMA," *JSiI (Jurnal Sistem Informasi)*, vol. 11, no. 1, hlm. 10–14, Mar 2024, doi: 10.30656/jsii.v11i1.7901.