



Implementasi Haversine Formula untuk Pembuatan SIG Jarak Terdekat ke RS Rujukan COVID-19

Chandra Husada¹, Kristoko Dwi Hartomo², Hanna Prillysca Chernovita³

^{1,2,3}Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana

¹682016012@student.uksw.edu, ²fti@uksw.edu

Abstract

Haversine formula-based GIS has been created to find closest location to referral hospital handling COVID-19 in Semarang City. The objectives of this study were (1) to determine closest distance and compare the results with the calculation of Find Nearest Tool and Google Maps and (2) to design GIS. It was done through (i) primary and secondary data creation and processing, (ii) accuracy measurement using Haversine formula. GIS is built after the calculation results are obtained. Calculation of the distance from user's starting point to referral hospital can be generated using Haversine formula. Comparison of measurement results between Haversine formula-based GIS and Find Nearest Tool, the average differences is 13 meters, the smallest difference is 3 meters and the largest difference is 40 meters. The differences between the calculation results of Haversine formula and Google Maps, the smallest difference is 0 meters, the largest difference is 5 meters, and the average differences is 3 meters. GIS creation obtained through designing use case, activity, class diagram, and user interface. The conclusion is Haversine formula-based GIS can be used as "Geographic Information System for the Search of Referral Hospital Handling COVID-19 in Semarang City" based on the closest distance from user's location.

Keywords: haversine formula, closest distance measurement, referral hospital for COVID-19, geographic information system

Abstrak

Telah dibuat Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis Haversine formula untuk pencarian lokasi terdekat rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang. Tujuan penelitian ini, yaitu (1) menentukan jarak terdekat dan membandingkan hasil tersebut dengan hasil perhitungan Find Nearest Tool dan aplikasi Google Maps dan (2) merancang bangun sebuah SIG. Untuk pencapaian tujuan penelitian tersebut, dilakukan melalui (i) pembuatan data primer dan sekunder dan pengolahan data, (ii) pengukuran tingkat keakuratan dengan Haversine formula, maka perlu dibandingkan terhadap Find Nearest Tool maupun aplikasi Google Maps. Sistem Informasi Geografis dibangun setelah diperoleh hasil perhitungan berdasarkan jarak terdekat dari lokasi user. Berdasarkan penerapan Haversine formula dapat dihasilkan perhitungan jarak dari titik awal lokasi user menuju rumah sakit rujukan. Perbandingan hasil pengukuran jarak lokasi terdekat antara SIG hasil rancangan berbasis Haversine formula dan Find Nearest Tool diperoleh nilai selisih rata-rata sebesar 13 meter, dengan nilai selisih terkecil 3 meter dan nilai selisih terbesar 40 meter. Selain itu terdapat juga selisih antara hasil perhitungan berbasis Haversine formula terhadap hasil pengukuran jarak garis lurus dengan aplikasi Google Maps, dengan nilai selisih terkecil 0 meter dan nilai selisih terbesar 5 meter, sehingga nilai selisih rata-rata sebesar 3 meter. Pembuatan SIG juga telah diperoleh melalui rancang bangun use case, activity, dan class diagram yang dilengkapi dengan user interface. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan, bahwa pembuatan SIG berbasis Haversine formula dapat digunakan sebagai "Sistem Informasi Geografis Pencarian Rumah Sakit Rujukan Penanganan COVID-19 di Kota Semarang" berdasarkan jarak terdekat dari lokasi user.

Kata kunci: formula Haversine, pengukuran jarak terdekat, rumah sakit rujukan CoViD-19, sistem informasi geografis.

1. Pendahuluan

Beberapa penelitian tentang pencarian jarak terdekat pernah dilakukan [1, 2, 3]. Algoritma Bellman-Ford digunakan pada salah satu penelitian untuk pencarian rute terpendek guna pengambilan sampah di Kota Palembang [1]. Kemungkinan keberadaan *cost* yang dikeluarkan dalam penentuan jalur pengambilan sampah

dapat diantisipasi, karena bobot negatif pada nilai *edge* dapat ditemukan dengan algoritma Bellman-Ford. Pentahapan pada penelitian ini berupa analisis kebutuhan data, perancangan, implementasi, dan pengukuran kinerja sistem. Algoritma Bellman-Ford pada penelitian tersebut berhasil diimplementasikan dalam penentuan rute dari titik awal (lokasi sopir) ke

titik akhir (lokasi TPA) dengan nilai *cost* berupa jarak minimum, namun tidak dijamin untuk semua titik yang dilalui oleh sopir sebelum titik akhir dicapai [1].

Penelitian lain dengan implementasi *Haversine formula* digunakan untuk pembuatan SIG yang digunakan untuk bantuan kepada Badan Pertanahan Nasional (BPN) dalam pengukuran luas tanah [2]. Bentuk bidang dan luas tanah dapat ditampilkan pada sistem tersebut. Implementasi *Haversine formula* pada penelitian ini digunakan untuk pencarian jarak antara dua titik dengan derajat kelengkungan bumi diperhitungkan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dijelaskan, bahwa terdapat selisih pengukuran sebesar 3,33% jika dibandingkan terhadap *Global Positioning System (GPS)* dan 7,33% jika dibandingkan terhadap pengukuran manual. Sistem tersebut merupakan bentuk kemudahan bagi pegawai BPN dalam pengukuran luas tanah [2].

Topik penelitian tentang pencarian lapangan futsal di Kota Samarinda yang didasari oleh keberadaan lebih dari 20 lapangan futsal, namun minim dalam informasi lokasi, biaya sewa, dan kondisi lapangan. Para calon pengguna kesulitan dalam pemilihan lapangan futsal terbaik dan sesuai dengan kebutuhan. Permasalahan tersebut merupakan penyebab sejumlah lapangan futsal dengan lokasi jauh dipilih oleh beberapa pengguna. Diperlukan sebuah sistem untuk penyajian informasi tentang lapangan futsal yang dilengkapi fasilitas fitur pencarian lapangan dengan jarak terdekat. Hasil penelitian ini dijelaskan, bahwa pemanfaatan *Haversine formula* dapat digunakan untuk penentuan jarak terdekat dengan cara penentuan hasil dengan nilai paling kecil sebagai lokasi terdekat [3].

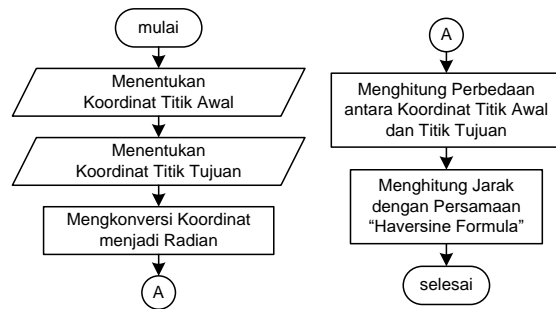
Sejumlah konotasi pada gagasan tentang jarak dalam SIG dengan peranan penting dalam keputusan spasial untuk kehidupan yang dipengaruhi oleh rasa kedekatan dari satu objek terhadap objek lain. Berbagai objek spasial dapat dihubungkan oleh pengukuran jarak sebagai salah satu ukuran metrik. Hubungan topologis antara objek ditanamkan dari pengukuran jarak dan dapat diberikan sebuah gambaran seberapa dekat atau seberapa jauh objek tersebut dari objek lain. Jarak antar objek spasial dapat diukur dengan berbagai cara yang berbeda, karena terdapat banyak definisi dan ukuran yang berbeda tentang jarak. Beberapa ukuran jarak yang dihitung dengan SIG diantaranya, jarak spasial, jarak planimetrik, jarak kumulatif, jarak geodesi, dan sebutan lain. Persamaan untuk perhitungan masing-masing jarak berbeda-beda, sehingga hasil dari pengukuran jarak juga tergantung pada datum, sistem koordinat, dan sistem proyeksi yang digunakan [4].

Persamaan *Haversine* adalah salah satu persamaan yang penting dalam navigasi, yang dapat digunakan dalam pencarian jarak antara dua titik pada permukaan bumi berdasarkan garis *latitude* dan garis *longitude* [5]. Beberapa kelebihan yang dimiliki *Haversine formula* jika dibandingkan dengan perhitungan jarak *geodetic*

lainnya yaitu lebih akurat, tingkat *error* rendah dalam kecepatan analisa, dan juga perhitungan lebih mudah untuk dilakukan [6]. Bentuk *Haversine formula*, seperti ditunjukkan pada persamaan (1).

$$d = r \times \left(2 \operatorname{Arcsin} \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta \varphi}{2} \right) + \cos \varphi_x \times \cos \varphi_y \times \sin^2 \left(\frac{\Delta \lambda}{2} \right)} \right) \right) \quad (1),$$

dengan d = jarak, r = radius bumi sebesar 6371,1 km, φ_x dan φ_y merupakan bujur (*latitude*) dalam radian, λ_x dan λ_y merupakan lintang (*longitude*) dalam radian, $\Delta \varphi$ adalah besaran perubahan bujur (*latitude*), dan $\Delta \lambda$ adalah besaran perubahan lintang (*longitude*) [7]. Persamaan *Haversine* digunakan berdasarkan *spherical earth* (berdasarkan bumi bentuk), dengan *elipsoidal factor* (faktor karena bentuk bumi sedikit elips) diabaikan [8]. Ini adalah kasus khusus dari persamaan umum dalam trigonometri bola terkait dengan sisi dan sudut segitiga bola [9]. Tahapan cara kerja persamaan tersebut dapat dijelaskan dalam bentuk bagan alir. Bagan alir proses pada *Haversine formula*, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir proses pada *Haversine Formula*

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem dengan unsur informasi geografis lebih ditekankan. Pengertian terkandung dalam istilah “informasi geografis” merupakan sebuah pengetahuan tentang posisi dari sebuah objek yang berada di permukaan bumi, disertai informasi tentang keterangan atau atribut dari objek tersebut [10]. Terdapat dua jenis data digital geografis, yaitu data spasial dan data non-spasial. Data spasial, adalah data yang berisikan informasi geografis atau sebuah lokasi dari suatu objek di permukaan bumi [11], sedangkan data non-spasial atau data atribut, adalah data yang berisikan atribut dari permampakan-permampakan di permukaan bumi [10]. Subsistem dari SIG, yaitu (1) *data input* sebagai tahap dalam persiapan dan pengumpulan data spasial dan non-spasial, (2) *data output* sebagai tahap pengeluaran seluruh atau sebagian hasil dari basis data, (3) *data management* sebagai pengorganisasian data ke basis data, agar data tersebut mudah untuk dipanggil, diperbaiki, dan diberbaharui, dan (4) *data manipulation and analysis* sebagai tahap penentuan informasi yang dapat dihasilkan oleh sebuah SIG [12].

Berpedoman kepada sejumlah hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan perolehan jarak terdekat ke suatu lokasi, maka pada penelitian ini dirancang bangun sebuah SIG untuk pencarian lokasi terdekat rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang berbasis *Haversine formula*. Untuk perolehan hasil perhitungan, maka dilakukan perbandingan terhadap hasil *Find Nearest Tool* dan *Google Maps*. Keberadaan SIG sangat diperlukan, karena jumlah penduduk Kota Semarang pada tahun 2018 tercatat sebanyak 1.786.114 jiwa [13] disertai mobilitas penduduk sangat tinggi, sehingga dapat sebagai penyebab peningkatan risiko penyebaran infeksi COVID-19. Hal ini dibuktikan dengan angka kasus positif COVID-19 di Kota Semarang sebanyak 123 orang pada tanggal 20 April 2020 [14], dengan jumlah tersebut merupakan jumlah kasus positif tertinggi di Provinsi Jawa Tengah. Dalam upaya untuk penanganan dan pencegahan terhadap peningkatan kasus infeksi COVID-19, maka diperlukan cara yang tepat dan efektif.

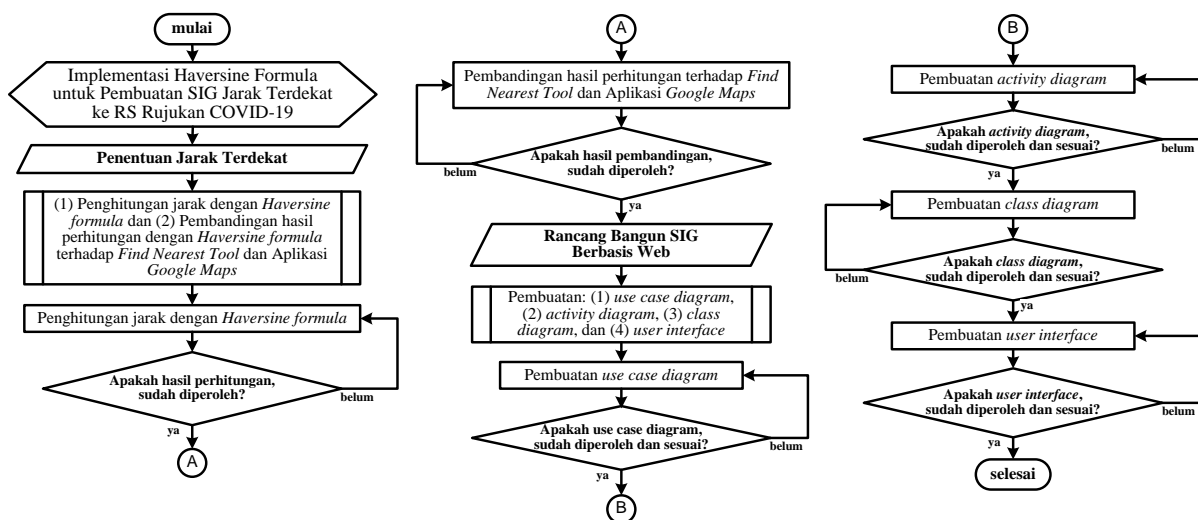
Corona dengan nama ilmiah *Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2* (SARS-CoV-2) merupakan jenis *coronavirus* baru yang dapat ditularkan pada manusia [15]. Rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 yang disiapkan oleh pemerintah Republik Indonesia untuk penanganan pasien yang dinyatakan positif terinfeksi COVID-19 di Kota Semarang, berjumlah sembilan rumah sakit rujukan [16]. Lokasi

rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang tersebar di berbagai wilayah. Informasi tentang jarak lokasi rumah sakit rujukan tersebut sangat minim, sehingga masyarakat kesulitan dalam penentuan rumah sakit rujukan terdekat dari lokasi keberadaan calon pasien. Keberadaan permasalahan tersebut dapat sebagai penyebab masyarakat datang ke rumah sakit rujukan dengan letak yang jauh, sehingga menjadi kurang efektif.

Tujuan penelitian ini, yaitu penentuan jarak terdekat berbasis *Haversine formula* dan hasil yang diperoleh dibandingkan terhadap *Find Nearest Tool* dan aplikasi *Google Maps*. Setelah diperoleh hasil perbandingan tersebut, maka dirancang bangun sebuah SIG yang dapat dijadikan sebagai solusi bagi masyarakat dalam pencarian rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 dengan jarak terdekat di Kota Semarang. Manfaat penelitian ini, dapat dijadikan sebagai sebuah kontribusi untuk masyarakat, tenaga kesehatan, dan pemerintah, sehingga penanganan calon pasien terinfeksi COVID-19 dapat dipercepat dan penyebaran virus Corona di Kota Semarang dapat diminimalisasi.

2. Metode Penelitian

Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

Penelitian ini diawali dengan tahap identifikasi masalah. Permasalahan pada penelitian ini, berupa informasi lokasi rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 sangat minim, sehingga lokasi masyarakat terhadap keberadaan rumah sakit terdekat tidak diketahui. Keberadaan SIG diperlukan sebagai suatu sistem yang dapat digunakan untuk analisis data spasial maupun non-spasial [17]. Kemudahan pada SIG dalam penyajian dan pencarian informasi terkait jarak untuk tujuan ke rumah sakit rujukan [18].

Pengumpulan data dilakukan untuk perolehan data primer dan sekunder. Data primer berupa peta titik awal *user* dan data sekunder berupa peta administrasi Kota Semarang dengan peta titik rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang. Penentuan jarak terdekat dilakukan dengan *Haversine formula* untuk penghitungan jarak dari titik awal saat *user* berada, ke tiap rumah sakit rujukan penanganan COVID-19. Setelah dilakukan perhitungan jarak ke masing-masing rumah sakit rujukan, kemudian diperoleh pilihan rumah

sakit rujukan dengan jarak yang terdekat. Pengukuran ketelitian hasil perhitungan dilakukan dengan perbandingan terhadap *Find Nearest Tool* dan aplikasi *Google Maps*. *Find Nearest Tool* merupakan aplikasi web ArcGIS Online dengan jarak garis digunakan untuk pengukuran antara fitur masukan (*input*) dan fitur terdekat [19]. Aplikasi *Google Maps* merupakan aplikasi navigasi dengan lebih dari satu milyar pengguna setiap bulannya [20] dan ketersediaan fitur untuk pengukuran jarak garis lurus antara dua titik yang ditandai pada peta.

Rancang bangun SIG diawali dengan pembuatan *use case*, *activity*, dan *class diagram*. Diagram-diagram tersebut merupakan bagian dari *Unified Modeling Language* (UML), yaitu teknik pengembangan sistem dengan bahasa grafis yang digunakan sebagai alat untuk perancangan, visualisasi, dan dokumentasi pada sistem [21]. Tahapan lanjutan berupa perancangan *user interface*. *User interface* merupakan aspek dari suatu program yang diperlukan sebagai penghubung antara *user* dengan sistem, agar *user* dapat dengan mudah dalam pengoperasian atau pengolahan data [22].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penentuan Jarak Terdekat

Haversine formula diterapkan pada SIG untuk pencarian rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang sebagai penghitung jarak antara titik awal yang ditentukan oleh *user* dan titik tujuan ke rumah sakit rujukan. Penentuan rumah sakit rujukan dengan jarak terdekat dilakukan dengan perhitungan jarak dari koordinat titik awal ke sembilan titik koordinat rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang. Setelah diketahui jarak ke masing-masing rumah sakit rujukan, kemudian hasil tersebut dibandingkan dan dicari jarak dengan nilai terkecil. Rumah sakit rujukan dengan nilai terkecil tersebut dipilih sebagai rumah sakit rujukan dengan jarak terdekat dari titik awal yang ditentukan oleh *user*.

3.1.1. Penentuan jarak terdekat dengan penghitungan berbasis *Haversine formula*

Analisis cara operasi *Haversine formula* untuk pencarian rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 terdekat di

Kota Semarang, dimulai dengan titik awal ditentukan berada di Masjid Agung Jawa Tengah yang terletak pada titik *latitude* -6.983472 dan titik *longitude* 110.445139. Algoritma *Haversine formula* dijelaskan dengan uraian berikut.

Algoritma *Haversine Formula*

1. $\phi_x \leftarrow$ Latitude titik awal (-0.1219336380952381 radian)
2. $\phi_y \leftarrow$ Latitude titik akhir (-0.1219519766666667 radian)
3. $\lambda_x \leftarrow$ Longitude titik awal (1.928407188888889 radian)
4. $\lambda_y \leftarrow$ Longitude titik akhir (1.92684841031746 radian)
5. $R \leftarrow$ Radius Bumi (6371,1 km)
6. $\text{cons } \Delta\phi = \phi_y - \phi_x$
7. $\text{cons } \Delta\phi = -0.1219519766666667 - (-0.1219336380952381)$
8. $\text{cons } \Delta\phi = 0.0000183385714286$ radian
9. $\text{cons } \Delta\lambda = \lambda_y - \lambda_x$
10. $\text{cons } \Delta\lambda = 1.92684841031746 - 1.928407188888889$
11. $\text{cons } \Delta\lambda = 0.001558778571429$ radian
12. $\text{cons } a = \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \times \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos(\phi_x) \times \cos(\phi_y) \times \sin\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right) \times \sin\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)$
13. $\text{cons } c = 2 \times \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$
14. $\text{cons } d = R \times c$
15. $\text{cons } d = 9.854172719$ km

Sebelum dilakukan perhitungan jarak dari kedua titik, pertama-tama perlu dicari selisih *latitude* dan *longitude* dari kedua titik (baris 6 dan baris 9). Selisih *latitude* dan *longitude* dari kedua titik tersebut digunakan dalam pencarian kalkulasi perpotongan sumbu (baris 13), dan kemudian dilakukan perhitungan untuk penentuan jarak dari kedua titik (baris 14). Berdasarkan algoritma *Haversine formula* tersebut, diketahui bahwa jarak antara Masjid Agung Jawa Tengah ke RS Tugurejo Semarang sejauh 9,85 km. Perlu dilakukan perhitungan *Haversine formula* untuk tiap rumah sakit rujukan, agar dapat diketahui rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang dengan jarak terdekat dari Masjid Agung Jawa Tengah. Hasil perhitungan berbasis *Haversine formula* untuk tiap RS rujukan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan berbasis *Haversine formula* untuk tiap RS rujukan

Nama Rumah Sakit	Latitude	Longitude	Jarak dari titik awal (dalam km)
RS Bhayangkara Semarang	-7.0001493	110.446356	1.8593183454979
RS Telogorejo	-6.9877829	110.4266337	2.09795056170644
RSI Sultan Agung	-6.95559	110.4614557	3.58550326549514
RS ST. Elisabeth	-7.0082829	110.4199202	3.91900663224224
RS Bhakti Wira Tamtama	-6.9862694	110.4083125	4.07647781291803
RSUP Dr. Kariadi	-6.9940501	110.4073795	4.3303470090272
RSUD K.R.M.T. Wongsonegoro	-7.0339753	110.4668256	6.10457523409603
RS Columbia Asia Semarang	-6.9842186	110.3827548	6.88594726554928
RSUD Tugurejo Semarang	-6.9845223	110.3558635	9.85417271903181

Berdasarkan Tabel 1 ditunjukkan, bahwa dari sembilan rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 yang terdapat di Kota Semarang, rumah sakit rujukan dengan jarak terdekat dari Masjid Agung Jawa Tengah, adalah

RS Bhayangkara Semarang dengan jarak 1,85 km; sedangkan rumah sakit rujukan dengan jarak terjauh dari Masjid Agung Jawa Tengah, adalah RSUD Tugurejo Semarang dengan jarak 9,85 km. Perlu diketahui, bahwa dalam penentuan jarak terdekat tersebut, jalur lalu lintas maupun aturan-aturan berkendara yang berlaku tidak diperhatikan, tetapi hanya dilihat jarak berdasarkan garis lurus yang ditarik dari titik awal hingga ke titik tujuan.

3.1.2. Perbandingan hasil penghitungan terhadap *Find Nearest Tool* dan Aplikasi *Google Maps*

Perbandingan pengukuran jarak terdekat dilakukan dengan aplikasi web *ArcGIS Online* dengan *tool* berupa *Find Nearest Tool* untuk pengukuran ketepatan perhitungan dengan *Haversine formula*. Fungsi *tool* tersebut sama dengan implementasi *Haversine formula*, yaitu sebagai penghitung jarak diantara dua titik dan penetapan jarak dengan nilai yang terkecil sebagai jarak terdekat. Perbandingan hasil antara perhitungan *Haversine formula* dan *Find Nearest Tool* dari *ArcGIS online*, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan hasil antara perhitungan *Haversine formula* dan *Find Nearest Tool* dari *ArcGIS online*

Nama Rumah Sakit	Latitude	Longitude	Penghitungan dengan <i>Haversine formula</i> (dalam km)	Pengukuran dengan <i>Find Nearest Tool</i> (dalam km)	Nilai Selisih (dalam meter)
RS Bhayangkara Semarang	-7.0001493	110.446356	1.8593183454979	1.84516624624	14
RS Telogorejo	-6.9877829	110.4266337	2.09795056170644	2.0950146719	3
RSI Sultan Agung	-6.95559	110.4614557	3.58550326549514	3.5640604574	21
RS ST. Elisabeth	-7.0082829	110.4199202	3.91900663224224	3.902086231	17
RS Bhakti Wira Tamtama	-6.9862694	110.4083125	4.07647781291803	4.07200678556	4
RSUP Dr. Kariadi	-6.9940501	110.4073795	4.3303470090272	4.32366732806	7
RSUD K.R.M.T. Wongsonegoro	-7.0339753	110.4668256	6.10457523409603	6.06410094578	40
RS Columbia Asia Semarang	-6.9842186	110.3827548	6.88594726554928	6.87866034008	7
RSUD Tugurejo Semarang	-6.9845223	110.3558635	9.85417271903181	9.8437453709	10

Berdasarkan Tabel 2 ditunjukkan, bahwa terdapat sembilan titik dihitung dengan selisih hasil antara penghitungan dengan *Haversine formula* dan *Find Nearest Tool* sebesar 3 meter hingga 40 meter, sehingga dilakukan penghitungan nilai rata-rata selisih, yaitu:

$$\text{Rata-rata selisih} = \frac{\text{Jumlah Selisih}}{\text{Banyak Titik}} = \frac{14 + 3 + 21 + 17 + 4 + 7 + 40 + 7 + 10}{9} = \frac{123}{9} = 13.$$

Diperoleh nilai rata-rata selisih sebesar 13 meter. Perbandingan hasil perhitungan *Haversine formula* juga dilakukan terhadap hasil pengukuran jarak pada aplikasi *Google Maps*. Fitur untuk pengukuran jarak garis lurus antara dua titik yang ditandai pada peta juga tersedia pada *Google Maps*. Perbandingan hasil antara *Haversine formula* dan aplikasi *Google Maps*, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan hasil antara perhitungan *Haversine formula* dan aplikasi *Google Maps*

Nama Rumah Sakit	Latitude	Longitude	Penghitungan dengan <i>Haversine formula</i> (dalam km)	Pengukuran dengan aplikasi <i>Google Maps</i> (dalam km)	Nilai Selisih (dalam meter)
RS Bhayangkara Semarang	-7.0001493	110.446356	1.8593183454979	1.86	1
RS Telogorejo	-6.9877829	110.4266337	2.09795056170644	2.1	2
RSI Sultan Agung	-6.95559	110.4614557	3.58550326549514	3.59	4
RS ST. Elisabeth	-7.0082829	110.4199202	3.91900663224224	3.92	1
RS Bhakti Wira Tamtama	-6.9862694	110.4083125	4.07647781291803	4.08	4
RSUP Dr. Kariadi	-6.9940501	110.4073795	4.3303470090272	4.33	0
RSUD K.R.M.T. Wongsonegoro	-7.0339753	110.4668256	6.10457523409603	6.1	5
RS Columbia Asia Semarang	-6.9842186	110.3827548	6.88594726554928	6.89	4
RSUD Tugurejo Semarang	-6.9845223	110.3558635	9.85417271903181	9.85	4

Berdasarkan Tabel 3 ditunjukkan, bahwa terdapat sembilan titik dihitung dengan selisih hasil antara penghitungan dengan *Haversine formula* dan *Find Nearest Tool* pada kisaran nilai 0 hingga 5 meter, sehingga dilakukan penghitungan nilai rata-rata selisih, yaitu:

$$\text{Rata-rata selisih} = \frac{\text{Jumlah Selisih}}{\text{Banyak Titik}} = \frac{1+2+4+1+4+0+5+4+4}{9} = \frac{25}{9} = 3$$

Diperoleh nilai rata-rata selisih sebesar 3 meter.

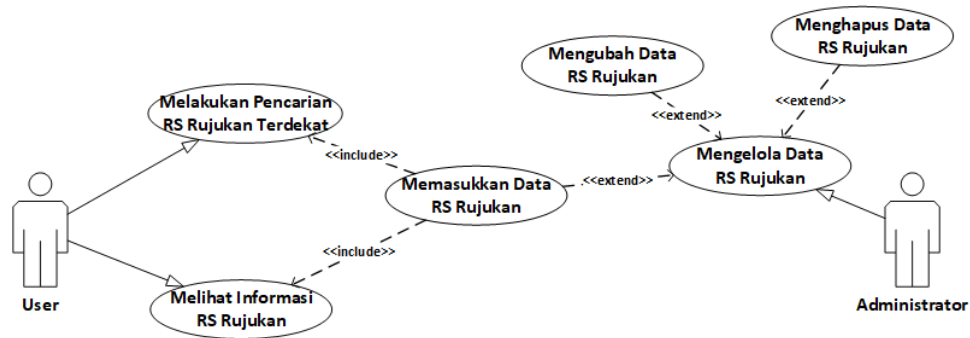
3.2. Rancang Bangun SIG Berbasis Web

SIG pencarian lokasi rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 dapat digunakan oleh masyarakat sebagai bentuk visualisasi peta, agar lebih mudah dipahami oleh *user* sebagai pengguna sistem. Rancang bangun SIG dilakukan dengan tahapan pembuatan diagram *use case*, *activity*, dan *class* yang dilanjutkan dengan pembuatan *user interface*.

3.2.1. Diagram *use case*

Diagram *use case* digunakan untuk visualisasi aktivitas yang dapat dilakukan oleh *user* sebagai pengguna sistem dan *administrator* sebagai pengelola sistem, sehingga

SIG pencarian lokasi rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 terdekat di Kota Semarang dapat digunakan. Diagram *use case* untuk *user* dan *administrator*, seperti ditunjukkan Gambar 3.

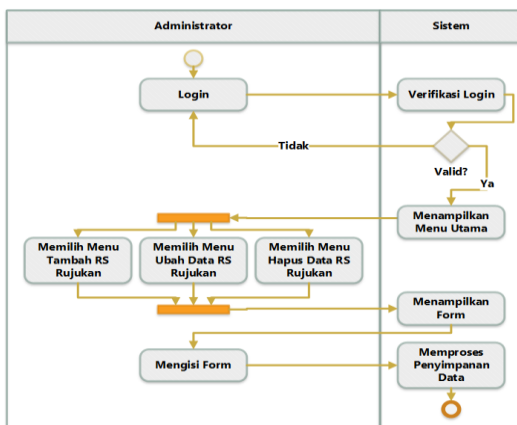


Gambar 3. Diagram *use case* untuk *user* dan *administrator*

Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan, bahwa aktivitas yang dapat dilakukan oleh *user* sebagai pengguna sistem, adalah pencarian rumah sakit rujukan terdekat dan informasi dari rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 tersebut juga dapat dilihat oleh *user*. Pengelolaan data rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 dilakukan *administrator* sebagai pengelola sistem, yaitu pemasukan, pengubahan, maupun penghapusan data rumah sakit rujukan penanganan COVID-19.

3.2.2. Diagram *activity*

Diagram *activity* digunakan sebagai visualisasi urutan aktivitas dalam suatu proses. Terdapat tiga diagram *activity* yang digunakan dalam SIG pencarian lokasi rumah sakit rujukan penanganan COVID-19, yaitu diagram pengelolaan data rumah sakit rujukan yang dilakukan oleh *administrator*, diagram pencarian lokasi rumah sakit rujukan terdekat yang dilakukan oleh *user*, dan diagram pencarian informasi rumah sakit rujukan yang dilakukan oleh *user*. Diagram pengelolaan data rumah sakit rujukan penanganan CoViD-19, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

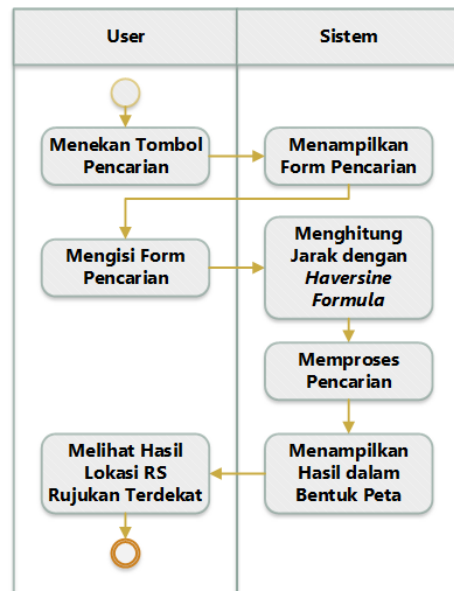


Gambar 4. Diagram pengelolaan data rumah sakit rujukan penanganan CoViD-19

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan, bahwa sebelum masuk ke dalam sistem, perlu dilakukan *login* terlebih

dahulu oleh *administrator*, kemudian divalidasi oleh sistem. Untuk kondisi dimana *login* berhasil divalidasi, maka ditampilkan menu utama dari SIG pencarian rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang.

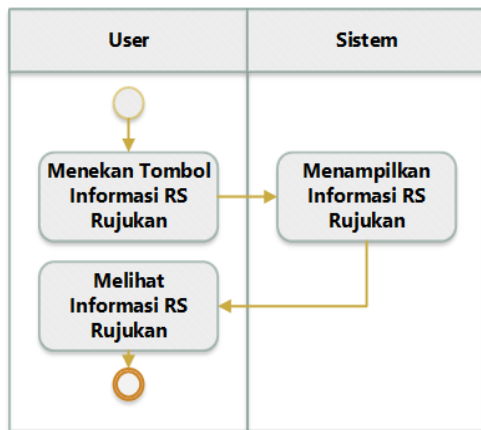
Setelah salah satu menu yang telah tersedia telah dipilih oleh *administrator*, form sesuai dengan menu yang telah dipilih ditampilkan. Setelah itu, form tersebut diisi oleh *administrator* dan kemudian dilakukan penyimpanan penambahan, perubahan, atau penghapusan data rumah sakit rujukan penanganan COVID-19, sesuai dengan data yang telah diisi oleh *administrator*. Diagram pencarian lokasi rumah sakit rujukan terdekat, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram pencarian lokasi rumah sakit rujukan terdekat

Berdasarkan Gambar 5 ditunjukkan, bahwa alur aktivitas yang dilakukan oleh *user* dalam pencarian rumah sakit rujukan dengan lokasi terdekat. Pertama-tama, dilakukan penekanan pada tombol pencarian terlebih dahulu untuk mulai pencarian rumah sakit

rujukan terdekat. Setelah tombol pencarian ditekan oleh *user*, form pencarian yang harus diisi oleh *user* ditampilkan oleh sistem. Terdapat *text field* yang perlu diisi dengan alamat oleh *user*, karena alamat tersebut dijadikan sebagai titik awal dalam pencarian rumah sakit rujukan terdekat. Setelah alamat diketikkan oleh *user*, jarak dari alamat yang diisikan oleh *user* sebagai titik awal ke setiap rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 dihitung oleh sistem. Selanjutnya ditentukan lokasi rumah sakit rujukan dengan jarak terdekat dari titik awal dan ditampilkan ke *user* hasil pencarian lokasi rumah sakit rujukan terdekat tersebut dalam bentuk peta interaktif.



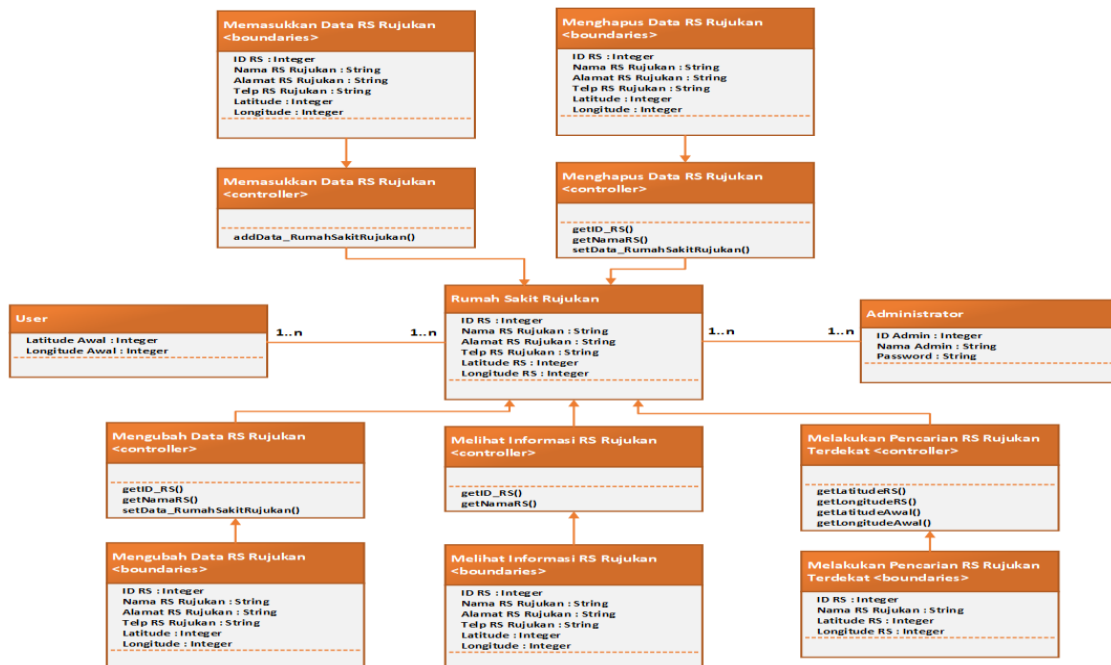
Gambar 6. Diagram pencarian informasi rumah sakit rujukan Tahapan pencarian informasi rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 dapat dilihat pada Gambar 6. Pertama-tama tombol daftar rumah sakit rujukan perlu

ditekan oleh *user*, sehingga dapat dilihat daftar rumah sakit rujukan yang terdapat pada sistem. Setelah daftar rumah sakit rujukan ditampilkan oleh sistem, dapat dilihat berbagai informasi dari tiap rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang. Informasi yang dapat diperoleh oleh *user* berupa nama, alamat lengkap, dan nomor telepon dari rumah sakit rujukan yang telah dipilih.

3.2.3. Diagram class

Diagram *class* pada SIG pencarian rumah sakit rujukan penanganan CoViD-19 di Kota Semarang, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

Asosiasi *many to many* dimiliki oleh *entity* rumah sakit rujukan dengan *entity administrator*, karena satu rumah sakit rujukan dapat dikelola oleh banyak *administrator*, dan banyak rumah sakit rujukan dapat dikelola oleh satu *administrator*. Asosiasi *many to many* juga dimiliki antara *entity* rumah sakit rujukan dengan *entity user*, karena satu rumah sakit rujukan dapat dicari oleh banyak *user*, dan lebih dari satu rumah sakit rujukan dapat dicari oleh satu *user*. Terdapat lima *boundaries class* yang digunakan oleh aktor (*user* dan *administrator*) untuk berinteraksi dengan sistem, dan lima *control class* sebagai pengekseskusi operasi. *Class* tersebut, adalah “Memasukkan Data RS Rujukan”, “Mengubah Data RS Rujukan”, “Menghapus Data RS Rujukan”, “Melihat Informasi RS Rujukan”, dan “Melakukan Pencarian RS Rujukan Terdekat”.



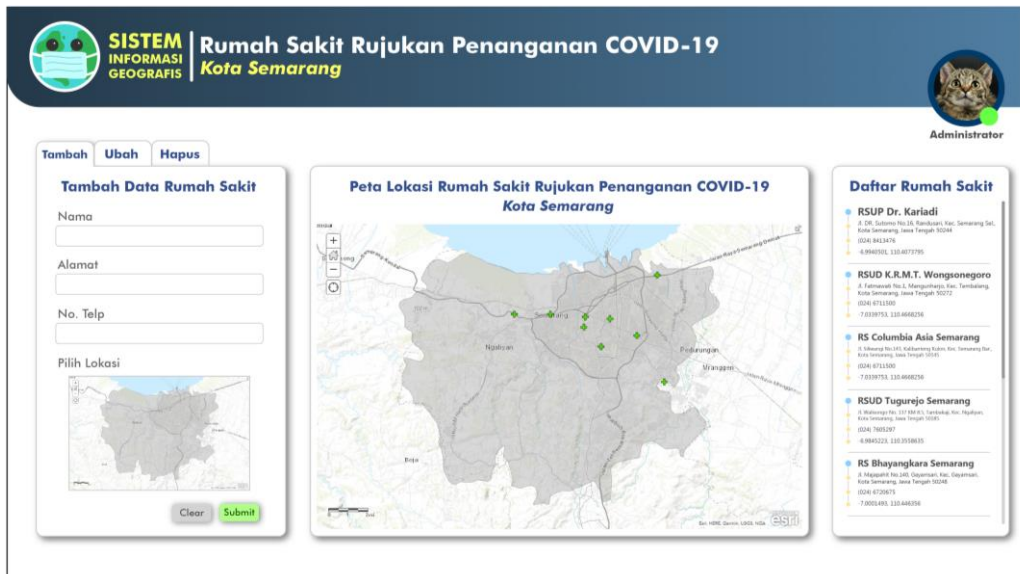
Gambar 7. Diagram class pada SIG pencarian rumah sakit rujukan penanganan CoViD-19

3.2.4. Pembuatan *user interface*

Kebutuhan *user* terhadap sistem dalam pelaksanaan *user interface*, agar *user* dapat kemudahan dalam pemahaman dan penggunaan SIG pencarian rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 terdekat di Kota Semarang. Terdapat dua *user interface* utama yang digunakan dalam sistem pencarian rumah sakit rujukan, yaitu *interface* oleh *user* sebagai pengunjung dari sistem dan *interface* oleh *administrator* sebagai pengelola sistem.

Sebelum masuk ke dalam sistem, perlu dilakukan *login* terlebih dahulu oleh *administrator*, dengan pengisian

username dan *password* yang telah terdaftar pada *database*. Keamanan ini diperlukan untuk pencegahan adanya akses dari pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab, sehingga ancaman terhadap sistem dapat diminimalisasi. Sistem dapat diakses oleh *administrator* setelah *username* dan *password* telah tervalidasi dengan benar. Tampilan *interface* utama dari SIG pencarian rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang untuk *administrator*, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan *interface* utama dari SIG pencarian rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang untuk *administrator*

Peta interaktif lokasi rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 yang tersebar di Kota Semarang dapat dilihat oleh *administrator* pada *interface* utama. Peta tersebut adalah peta interaktif yang dapat dijelajahi dengan dilakukannya *zoom in* dan *zoom out* pada peta, sehingga lokasi rumah sakit rujukan dapat dilihat dengan lebih detail. Terdapat daftar rumah sakit rujukan pada sisi kanan *interface*, dengan informasi yang lengkap dari tiap rumah sakit, yaitu berupa nama rumah sakit, alamat rumah sakit, nomor telepon rumah sakit, dan koordinat rumah sakit. Terdapat tiga menu yang dapat dipilih oleh *administrator* pada *interface* di sisi kiri, yaitu menu untuk penambahan data rumah sakit rujukan baru, menu untuk pengubahan pada data eksisting rumah sakit rujukan dalam *database*, dan menu untuk penghapusan data eksisting rumah sakit rujukan dalam *database*. Terdapat menu profil yang dapat digunakan untuk *logout* dari sistem pada sisi kanan atas dari tampilan *interface* utama.

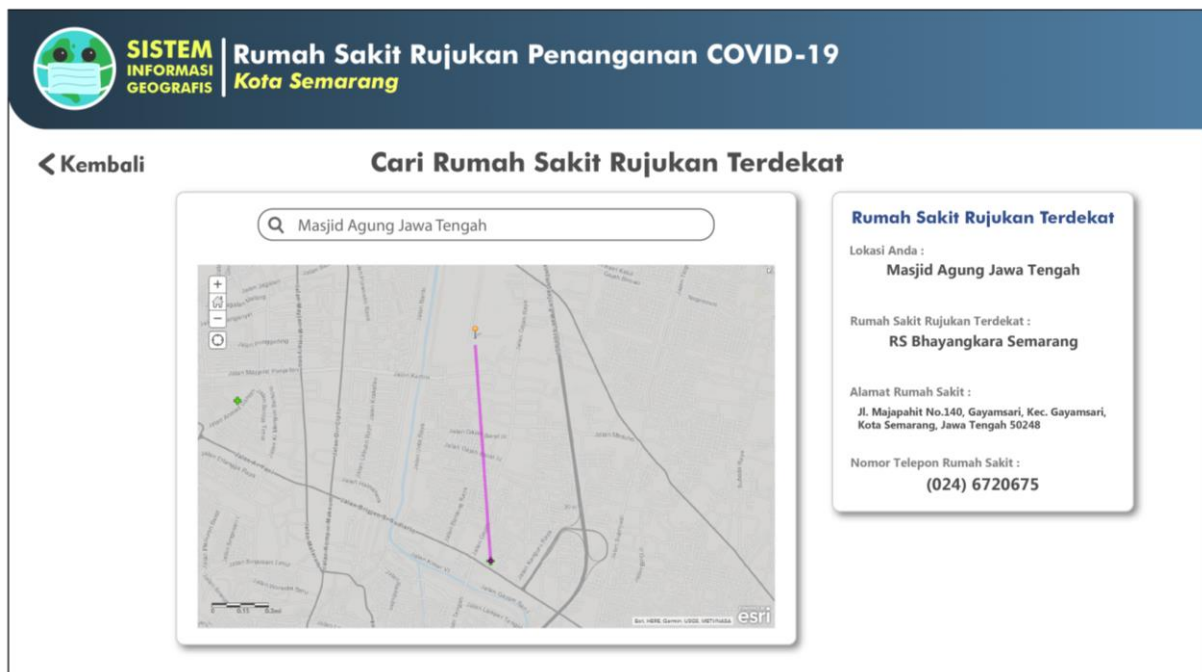
Saat sistem diakses oleh *user*, akan terlihat tampilan *interface* utama, dimana terdapat dua pilihan menu yang

dapat dipilih oleh *user*, yaitu menu Informasi Rumah Sakit Rujukan dan menu Cari Rumah Sakit Rujukan Terdekat. *User* tidak perlu *login* terlebih dahulu, agar sistem dapat diakses oleh *user*. Tampilan *interface* informasi pencarian rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang untuk *user*, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

Berdasarkan Gambar 9 ditunjukkan, bahwa *interface* yang dimunculkan saat menu informasi rumah sakit rujukan dipilih oleh *user*. Informasi tentang rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang dapat dilihat oleh *user* pada menu ini. Sama seperti pada *interface* untuk *administrator*, terdapat peta interaktif lokasi rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 yang tersebar di Kota Semarang. Peta tersebut dapat dijelajahi untuk penglihatan dengan lebih detail lokasi rumah sakit rujukan di Kota Semarang. Terdapat daftar rumah sakit rujukan di Kota Semarang dengan informasi detail tentang rumah sakit rujukan tersebut pada sisi kanan dari *interface*. Tampilan *interface* cari rumah sakit rujukan terdekat, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 9. Tampilan *interface* informasi pencarian rumah sakit rujukan penanganan COVID-19 di Kota Semarang untuk *user*



Gambar 10. Tampilan *interface* cari rumah sakit rujukan terdekat

Berdasarkan Gambar 10 ditunjukkan, bahwa *interface* tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk peta cari rumah sakit rujukan terdekat dimunculkan, jika menu Cari Rumah Sakit Rujukan Terdekat dipilih oleh *user*. Pencarian rumah sakit rujukan dengan lokasi terdekat dari alamat yang dimasukkan oleh *user* dapat dilakukan pada menu ini. Tahapan dalam pencarian, yaitu pertama-tama alamat yang diinginkan sebagai lokasi *user* berada perlu dimasukkan terlebih dahulu oleh *user*. Pencarian koordinat dari alamat yang telah dimasukkan oleh *user* dilakukan oleh sistem. Setelah koordinat berhasil ditemukan, perhitungan dengan *Haversine formula* dilakukan oleh sistem untuk pencarian rumah sakit rujukan dengan jarak terdekat dari alamat yang dimasukkan oleh *user*. Hasil dari pencarian

interaktif sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10. Penunjukan informasi tentang lokasi *user* sesuai dengan alamat yang dimasukkan, beserta informasi rumah sakit rujukan dengan jarak terdekat sesuai dengan hasil pencarian, terletak pada sisi kanan pada tampilan *interface*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian. Penerapan *Haversine formula* dapat digunakan untuk perhitungan jarak dari titik awal lokasi *user* dengan tujuan rumah

sakit rujukan, namun terdapat selisih hasil perhitungan, jika dibandingkan terhadap *Find Nearest Tool* maupun aplikasi *Google Maps*. Perbandingan terhadap *Find Nearest Tool* diperoleh nilai selisih rata-rata sebesar 13 meter, dengan selisih terkecil 3 meter dan terbesar 40 meter, sedangkan perbandingan terhadap pengukuran jarak garis lurus berbantuan aplikasi *Google Maps* diperoleh nilai selisih rata-rata sebesar 3 meter, dengan selisih terkecil 0 meter dan terbesar 5 meter.

Rancang bangun SIG juga berhasil dilakukan melalui perancangan *use case diagram*, *activity diagram*, *class diagram*, serta perancangan *user interface*. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan, bahwa pembuatan SIG berbasis Haversine formula dapat digunakan sebagai “Sistem Informasi Geografis Pencarian Rumah Sakit Rujukan Penanganan COVID-19 di Kota Semarang” berdasarkan jarak terdekat dari lokasi *user*.

Daftar Rujukan

- [1] R. A. Azdy and F. Darnis, “Implementasi Bellman-Ford untuk Optimasi Rute Pengambilan Sampah di Kota Palembang,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 4, p. 327, 2019, doi: 10.22146/jnteti.v8i4.532.
- [2] R. H. D. Putra, H. Sujiani, and N. Safrjadi, “Penerapan Metode Haversine Formula Pada Sistem Informasi Geografis Pengukuran Luas Tanah,” *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 2, pp. 1262–1270, 2015.
- [3] Y. Yulianto, R. Ramadiani, and A. H. Kridalaksana, “Penerapan Formula Haversine Pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Jarak Terdekat Lokasi Lapangan Futsal,” *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 13, no. 1, p. 14, 2018, doi: 10.30872/jim.v13i1.1027.
- [4] N. Panigrahi, *Computing in geographic information systems*. 2014.
- [5] C. Veness, “Calculate distance and bearing between two Latitude/Longitude points using haversine formula,” *MIT Open Source*, 2019. <https://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html> (accessed Sep. 23, 2020).
- [6] P. Harsadi and D. Nugroho, “Implementasi Algoritma Dijkstra Dan Metode Haversine Pada Penentuan Jalur Terpendek Pendakian Gunung Merapi Jalur Selo Berbasis Android,” *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 8, no. 1, pp. 61–67, 2020, doi: 10.30646/tikomsin.v8i1.483.
- [7] N. Chopde and M. Nichat, “Landmark Based Shortest Path Detection by Using A* and Haversine Formula,” *GH Raisonni Coll. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 298–302, 2013, [Online]. Available: http://www.ijirce.com/upload/2013/april/17_V1204030_Landmark_H.pdf.
- [8] M. A. Nur and N. Wardhani, “Penerapan Formula Faversine dalam Perhitungan Luas Wilayah Menggunakan Koordinat Google Maps,” *J. IT*, vol. 9, no. 1, pp. 58–64, 2018.
- [9] P. Dauni, M. D. Firdaus, R. Asfariani, M. I. N. Saputra, A. A. Hidayat, and W. B. Zulfikar, “Implementation of Haversine formula for school location tracking,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1402, no. 7, doi: 10.1088/1742-6596/1402/7/077028.
- [10] K. M. Wibowo, K. Indra, and J. Jumadi, “Sistem Informasi Geografis (SIG) Menentukan Lokasi Pertambangan Batu Bara di Provinsi Bengkulu Berbasis Website,” *J. Media Infotama*, vol. 11, no. 1, pp. 51–60, 2015, [Online]. Available: <https://jurnal.unived.ac.id/index.php/jmi/article/view/252/231>.
- [11] T. Wuryandari, A. Hoyyi, D. S. Kusumawardani, and D. Rahmawati, “Identifikasi Autokorelasi Spasial Pada Jumlahpengangguran Di Jawa Tengah Menggunakan Indeks Moran,” *Media Stat.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2014, doi: 10.14710/medstat.7.1.1-10.
- [12] L. P. A. Prapitasari, N. K. Sumiari, and N. K. D. A. Jayanti, “Sistem Informasi Geografis Pasar Tradisional di Wilayah Denpasar menggunakan Framework YII,” *Sisfoteniika*, vol. 6, no. 2, pp. 205–216, 2016, doi: 10.30700/jst.v6i2.118.
- [13] Badan Pusat Statistik(BPS), *Badan pusat statistik kota Semarang*. 2019.
- [14] P. K. Semarang, “Covid-19 Kota Semarang,” <https://siagacorona.semarangkota.go.id/>, 2020. <https://siagacorona.semarangkota.go.id/> (accessed Sep. 23, 2020).
- [15] World Health Organization, “Q&A on coronaviruses (COVID-19),” *Who*, 2020. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/q-a-coronaviruses> (accessed Sep. 23, 2020).
- [16] “Bertambah, Ini Daftar 58 Rumah Sakit Rujukan Penanganan Virus Corona di Jawa Tengah.” <https://www.kompas.com/tren/read/2020/03/15/165652365/bertambah-ini-daftar-58-rumah-sakit-rujukan-penanganan-virus-corona-di-jawa> (accessed Sep. 23, 2020).
- [17] Syafri, S. H., “Identifikasi Kemiringan Lereng di Kawasan Permukiman Kota Manado Berbasis SIG,” *Spasial*, vol. 1, no. 1, pp. 70–79, 2015.
- [18] Hermawan, T.A., Nugraha, A.L. and Sudarsono, B., “Desain dan Visualisasi Kampus Universitas Diponegoro Berbasis WebGIS,” *J. Geod. Undip*, vol. 3, no. Januari, pp. 141–154, 2015.
- [19] “Find Nearest—ArcGIS Online Help | Documentation.” <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/analyze/find-nearest.htm> (accessed Sep. 23, 2020).
- [20] E. Russell, “9 things to know about Google’s maps data: Beyond the Map | Google Cloud Blog,” 2019. <https://cloud.google.com/blog/products/maps-platform/9-things-know-about-googles-maps-data-beyond-map> (accessed Sep. 23, 2020).
- [21] S. Mulyani, “Pengertian Activity Diagram,” in *Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Manajemen Keuangan Daerah: Notasi Pemodelan Unified Modeling Language (UML)*, 2016.
- [22] E. N. Jannah, A. Hidayah, and M. Mas’ud, “Sistem Terintegrasi Berbasis Web untuk Pencarian dan Pemesanan Kelompok Seni Pertunjukan,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 4, 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i4.270.