



Optimasi Rute Distribusi Bantuan Logistik Kesehatan ke Daerah Rawan Bencana Banjir di Kota Yogyakarta

Lukman Adhitama^{1*}, Oktaviana Putri¹, Siti Dinar Rezki Ramadhani²

¹ Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

² Universitas Islam Indonesia, Sleman, Indonesia

*Corresponding Author: lukmanadhitama@mail.ugm.ac.id

Abstract

In the context of flood risk mitigation in Yogyakarta City, particularly in the districts of Gondokusuman and Umbulharjo, this study highlights the significant impact of geographical factors and high rainfall intensity. Floods not only cause damage to infrastructure but also pose a serious threat to public health. Flood-prone areas often become breeding grounds for diseases that can spread rapidly, especially in emergency conditions. This research aims to identify optimal routes for the distribution of health logistics in dealing with flood disasters in Yogyakarta City. Using the Simulated Annealing (SA) algorithm, the study compares the optimization results of distribution routes without clustering and with clustering (based on districts). Findings indicate that the use of clustering is effective in minimizing the distance and travel time of distribution, with the clustering scenario emphasizing time efficiency. The contribution of this research lies in the development of responsive and efficient health distribution strategies during flood emergencies. Thus, the implementation of the SA algorithm and clustering can serve as a foundation for better emergency response planning, providing tangible benefits for those involved in flood disaster management in the region.

Keywords: *simulated annealing; distribution routes; flood.*

Abstrak

Dalam konteks mitigasi risiko banjir di Kota Yogyakarta, khususnya di Kecamatan Gondokusuman dan Umbulharjo, penelitian ini menyoroti dampak signifikan dari faktor geografis dan intensitas hujan tinggi. Banjir bukan hanya menyebabkan kerusakan infrastruktur, tetapi juga membawa ancaman serius terhadap kesehatan masyarakat. Daerah rawan banjir sering menjadi tempat berkembangnya penyakit yang dapat menyebar dengan cepat, terutama dalam kondisi darurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi rute distribusi optimal bantuan logistik kesehatan dalam menghadapi bencana banjir di Kota Yogyakarta. Menggunakan algoritma Simulated Annealing (SA), penelitian ini membandingkan hasil optimasi rute distribusi tanpa kluster dan dengan kluster (berdasarkan kecamatan). Temuan menunjukkan bahwa penggunaan kluster efektif dalam meminimalkan jarak dan waktu tempuh distribusi, dengan skenario kluster menonjolkan efisiensi waktu. Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan strategi distribusi bantuan kesehatan yang responsif dan efisien selama kondisi darurat banjir. Dengan demikian, penerapan algoritma SA dan kluster dapat menjadi landasan untuk perencanaan tanggap darurat yang lebih baik, memberikan manfaat konkret bagi pihak yang terlibat dalam manajemen bencana banjir di wilayah tersebut.

Kata Kunci: *simulated annealing; rute distribusi; banjir.*

DOI:

10.35719/ijdr.v1i2.119

PENDAHULUAN

Bencana banjir telah menjadi ancaman yang tak terhindarkan di berbagai wilayah di Indonesia. Kejadian banjir seringkali dipicu oleh faktor cuaca ekstrem, tingginya curah hujan, dan kondisi topografi yang rentan terhadap genangan air. Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan beragam sungai dan daerah aliran sungai, memiliki potensi risiko banjir yang cukup tinggi. Banjir bukan hanya menyebabkan kerugian material, tetapi juga dampak signifikan terhadap kesehatan masyarakat. Air yang tercemar, penyebaran penyakit, dan kehilangan akses terhadap fasilitas kesehatan menjadi tantangan serius yang dihadapi oleh komunitas



terdampak. Penelitian ini menyoroti konteks spesifik di Kota Yogyakarta yang tidak luput dari risiko bencana banjir. Faktor geografis dan intensitas hujan yang tinggi membuat beberapa wilayah di Yogyakarta menjadi rawan banjir, termasuk Kecamatan Gondokusuman dan Umbulharjo. Melalui informasi yang terhimpun dari berita daring, tujuh daerah di kedua kecamatan tersebut menunjukkan indikasi tinggi sebagai kawasan rawan bencana banjir (Rezqiana, 2023).

Bencana banjir bukan hanya mengakibatkan kerugian materi dan infrastruktur, tetapi juga mengancam kesehatan masyarakat secara keseluruhan. Daerah rawan banjir cenderung menjadi tempat berkembangnya berbagai penyakit yang dapat menyebar dengan cepat dalam kondisi darurat. Infeksi virus, bakteri, dan kuman dapat menjadi ancaman serius bagi kesehatan masyarakat, terutama ketika sanitasi air terganggu dan akses terhadap fasilitas kesehatan terbatas. Oleh karena itu, penanganan kesehatan di tengah-tengah bencana banjir tidak dapat diabaikan, dan distribusi bantuan logistik kesehatan menjadi langkah kritis untuk meminimalkan risiko penyakit yang dapat timbul. Pentingnya optimalisasi rute distribusi ini tidak hanya terbatas pada penanganan darurat, tetapi juga memberikan dampak positif dalam mengurangi kerugian kesehatan masyarakat secara keseluruhan. Strategi distribusi yang efisien dapat melibatkan pemilihan rute terbaik, alokasi sumber daya yang bijak, dan implementasi teknologi informasi terkini dalam pemantauan dan pemetaan logistik. Penelitian ini, oleh karena itu, bertujuan untuk memberikan kontribusi nyata terhadap pemahaman dan perbaikan praktis dalam sistem distribusi bantuan kesehatan di kondisi darurat.

Beberapa penelitian telah mengulas tentang optimalisasi rute distribusi dalam berbagai konteks. Nugroho (2019) mengembangkan sebuah model untuk menganalisis distribusi bantuan kemanusiaan dari BPBD Bantul ke gudang distributor di setiap kecamatan, menggunakan pendekatan Vehicle Routing Problem With Time Window (VRPTW). Solusi model ini dirancang dengan memanfaatkan Linear Programming dan Algoritma Nearest Neighbors. Hasilnya menunjukkan bahwa alokasi distribusi dengan 16 truk sedang dan 4 truk berat hanya memerlukan waktu 3 hari. Penelitian Husna dkk. (2023) fokus pada penentuan jalur terpendek dari lokasi rawan kecelakaan menuju klinik terdekat di Kota Pekanbaru. Mereka menggunakan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk merancang solusi. Hasil implementasi algoritma ini menciptakan jalur terpendek dari lokasi rawan kecelakaan yang dapat dijadikan rute evakuasi korban kecelakaan ke klinik terdekat. Pramudyo dkk (2021) menentukan rute pengiriman beras Bantuan Pangan Non Tunai BULOG di wilayah Yogyakarta dengan menggunakan metode Nearest Neighbour dan metode Mixed Integer Linear Programming. Hasil didapatkan menggunakan metode Nearest Neighbour menurunkan jarak sebesar 14,98 % dan pengolahan lanjutan menggunakan metode Mixed Integer Linear Programming menambah penurunan jarak sebesar 1,45%.

Dalam penelitian ini, proses penentuan rute distribusi menggunakan metode Simulated Annealing (SA), suatu metode komputasi metaheuristik yang diadaptasi dari proses pemanasan logam hingga mencapai struktur kristal. Beberapa penelitian terdahulu yang menerapkan metode SA mencakup penelitian tentang simulated annealing dalam pengumpulan darah (Yu dkk., 2018), pengiriman bantuan bagi korban bencana alam dengan metode simulated annealing (Liperda dkk., 2020), dan penerapan simulated annealing dalam penentuan rute penjemputan pasien atau korban kondisi darurat (Wu & Xiang, 2021).

Dengan merinci dan mengoptimalkan rute distribusi, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk perencanaan yang lebih baik, manajemen bencana yang adaptif, dan respons yang cepat ketika terjadi bencana banjir di Kota Yogyakarta. Dengan demikian, penelitian ini memiliki implikasi penting tidak hanya pada tingkat kesehatan masyarakat, tetapi juga pada kemampuan kota untuk menghadapi tantangan bencana secara keseluruhan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengangkat studi kasus di Kota Yogyakarta, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan berita yang dimuat di surat kabar daring diketahui bahwa terdapat 7 daerah di 2 Kecamatan di Kota Yogyakarta yang terindikasi sebagai kawasan rawan bencana banjir (Rezqiana, 2023). Kedua kecamatan tersebut yaitu Gondokusuman dan Umbulharjo. Di Kecamatan Gondokusuman terdapat 3 daerah rawan banjir yaitu Terban, Kotabaru dan Baciro. Di Kecamatan Umbulharjo terdapat 4 daerah rawan

banjir yaitu Warungboto, Giwangan, Sorosutan dan Pandeyan. Dengan intensitas hujan yang meninggi sejak bulan November 2023 hingga awal bulan Desember 2023 maka menjadikan ketujuh daerah rawan bencana banjir tersebut perlu mendapatkan perhatian khusus terutama terkait aspek kesehatan dimana timbulnya penyakit tertentu sangat riskan terjadi akibat dari infeksi virus, bakteri maupun kuman.

Dalam menangani masalah kesehatan di daerah rawan bencana banjir maka dapat dilakukan dengan cara memberi pasokan lebih alat kesehatan dan obat-obatan di fasilitas kesehatan yang berlokasi terdekat dengan kawasan tersebut. Sebagaimana pentingnya aspek kesehatan, maka proses penyaluran bantuan kesehatan tersebut harus dilakukan dengan optimal dimana penentuan rute distribusi yang dipilih dari Dinas Kesehatan Kota Yogyakarta menuju fasilitas kesehatan terpilih dapat dilakukan dengan tujuan meminimalkan jarak yang akan berujung pada waktu tempuh yang juga minimal (Adhitama, Rahmad, dkk., 2023). Penelitian ini memilih puskesmas sebagai lokasi tujuan pengiriman bantuan logistik kesehatan karena merupakan fasilitas utama yang dituju oleh masyarakat ketika mengalami keluhan sakit tertentu (Rahman, 2022). Proses distribusi tersebut dapat dilakukan dengan mengumpulkan seluruh puskesmas terpilih dalam satu kali pengiriman maupun dengan melakukan pembagian kluster. Pembagian kluster dapat dilakukan untuk memudahkan proses penentuan rute sehingga mempercepat terdistribusinya bantuan ke lokasi tujuan namun diperlukan kendaraan dengan jumlah lebih dari 1 serta dapat menyebabkan biaya yang dibutuhkan menjadi lebih mahal (Adhitama & Kurniawati, 2023). Dalam proses penentuan rute distribusi di penelitian ini pembagian kluster secara cepat dapat dilakukan dengan berdasarkan 2 kecamatan yang termasuk dalam kawasan rawan bencana banjir.

Proses penentuan rute dalam penelitian ini dilakukan dengan menerapkan algoritma *Simulated Annealing* (SA). *Simulated Annealing* (SA) merupakan metode komputasi metaheuristik yang diadaptasi dari proses pemanasan logam hingga suhu tertentu kemudian secara berangsur-angsur dilakukan pendinginan hingga terbentuk kristal (Asih dkk., 2017). Dalam masalah optimasi proses pemanasan tersebut menjadi tahap inisialisasi dimana kemudian pendinginan yang dilakukan yaitu merupakan langkah iterasi perhitungan untuk mendapatkan nilai optimal dari tujuan masalah yang hendak dicapai (Adhitama, Murniati, dkk., 2023). Proses penentuan rute dengan metode *simulated annealing* dilakukan dengan bantuan *software* Matlab yang diakses daring. Data yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu berupa matriks yang memuat jarak antar lokasi keberangkatan dan titik tujuan distribusi yang dinyatakan dalam satuan kilometer. Data tersebut dapat diperoleh melalui proses pencatatan jarak antar lokasi dengan menggunakan bantuan Google Maps (Gmaps). Gmaps ini nantinya juga berfungsi sebagai media untuk melakukan visualisasi rute distribusi yang terbentuk dari hasil pengolahan data dengan menggunakan Matlab. Dalam pengolahan data yang dilakukan digunakan dengan menerapkan 3 kombinasi parameter dengan replikasi masing-masing sebanyak 3 kali. Parameter yang digunakan dalam algoritma *simulated annealing* terdiri dari suhu awal (T_0), suhu akhir (T_F) dan koefisien pendinginan (α). Dalam penelitian ini pemilihan parameter dilakukan dengan mengadopsi dari hasil riset peneliti lain sebagaimana dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Algoritma *Simulated Annealing*

Parameter	Suhu Awal (T_0)	Suhu Akhir (T_F)	Koefisien Pendinginan (α)
A (Redi & Redioka, 2019)	50	0,001	0,99
B (Yu dkk., 2021)	12	0,1	0,90
C (Ferreira & De Queiroz, 2018)	35	0,19	0,98

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dari menentukan titik pengiriman bantuan terkait bencana banjir. Pada penelitian ini ditentukan bahwa titik awal adalah Dinas Kesehatan Kota Yogyakarta. Titik tujuan merupakan puskesmas yang beroperasi di Kota Yogyakarta. Dari 18 puskesmas yang ada kemudian dipilih dengan melalui proses analisis kuantitatif. Analisis kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini ialah menghitung jarak dari suatu

daerah rawan banjir ke lokasi puskesmas yang ada di Kota Yogyakarta. Dari pengumpulan data, didapatkan jarak antara puskesmas ke daerah rawan banjir yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jarak Daerah Rawan Banjir dengan Fasilitas Kesehatan (dalam km)

No	Fasilitas Kesehatan	Terban	Kotabaru	Baciro	Warungboto	Pandeyan	Sorosutan	Giwangan
1	Puskesmas Danurejan 1	3,5	<u>1,7</u>	1,8	3,7	3,9	4,8	5,2
2	Puskesmas Danurejan 2	<u>2,6</u>	<u>0,8</u>	<u>1,2</u>	3,8	4,4	4,9	5,6
3	Puskesmas Gedongtengen	4,6	2,8	3,8	5,4	6	6,2	7,2
4	Puskesmas Gondokusuman 1	3,7	1,8	<u>0,9</u>	2,7	3,6	4,1	4,8
5	Puskesmas Gondokusuman 2	<u>1,5</u>	2	3,9	6,3	6,8	7,4	8
6	Puskesmas Gondomanan	4,9	3,1	3,2	3,4	3,7	3,7	4,9
7	Puskesmas Jetis	2,8	1,8	3,4	6	6,5	7	8,3
8	Puskesmas Kotagede 1	8,5	6,5	5,4	2,7	<u>1,7</u>	3,3	<u>2,8</u>
9	Puskesmas Kotagede 2	7,1	5,3	3,9	<u>1,3</u>	<u>1,1</u>	<u>2,5</u>	<u>2,8</u>
10	Puskesmas Kraton	5,4	3,6	3,8	4	4,3	4,3	5,6
11	Puskesmas Mantrijeron	7,3	5,5	5,6	4,4	3,7	<u>2,7</u>	4,1
12	Puskesmas Mergangsan	5,8	3,9	3	2	2,2	2,3	3,5
13	Puskesmas Ngampilan	6	4,2	4,6	4,8	4,8	4,9	6,1
14	Puskesmas Pakualaman	3,9	2,1	2,4	3	3,5	4	5,3
15	Puskesmas Tegalrejo	3,5	3,4	4,9	7,5	8	8,6	9,3
16	Puskesmas Umbulharjo 1	6,4	4,5	2,6	0,95	1,7	3,1	3,4
17	Puskesmas Umbulharjo 2	5,3	3,4	1,5	<u>1,7</u>	3,1	4	4,8
18	Puskesmas Wirobrajan	7,4	5,6	6,1	5,4	4,8	5,4	6

Berdasarkan Tabel 1 kemudian dipilih 2 lokasi puskesmas yang memiliki lokasi terdekat dengan daerah rawan banjir di Kota Yogyakarta. Masing-masing daerah rawan banjir direncanakan akan dilayani oleh 2 puskesmas terdekat. Apabila terdapat lebih dari 2 puskesmas yang berlokasi dekat dengan daerah rawan banjir maka dipilih lokasi yang mampu melayani lebih banyak daerah rawan bencana banjir. Hal ini diputuskan agar dalam proses mengantarkan bantuan logistik kesehatan dapat dilakukan dengan waktu yang minimal. Proses pemilihan tersebut memberikan hasil yaitu terpilihnya 8 puskesmas sebagai lokasi tujuan pengiriman bantuan korban bencana banjir. Daerah rawan banjir di Kecamatan Gondokusuman dan Umbulharjo masing-masing akan dilayani oleh 4 puskesmas. Dengan demikian, maka titik keberangkatan dan tujuan distribusi bantuan untuk daerah rawan bencana banjir di Kota Yogyakarta telah ditentukan. Untuk mengetahui rute yang optimal maka diperlukan data alamat dari titik-titik yang akan terlibat dalam rencana pengiriman bantuan tersebut. Data alamat titik awal keberangkatan dan puskesmas sebagai lokasi tujuan pengiriman bantuan logistik kesehatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alamat Titik Keberangkatan dan Tujuan Distribusi

Notasi	Fasilitas Kesehatan	Alamat
A	Dinas Kesehatan Kota Yogyakarta	Jalan Kenari No.56, Muja Muju, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55165
1	Puskesmas Danurejan 1	Jalan Danurejan, Bausasran, Kecamatan Danurejan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55211
2	Puskesmas Danurejan 2	Jalan Krasak Timur No.34, Bausasran, Kecamatan Danurejan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55211
3	Puskesmas Gondokusuman 1	Jalan Tunjung No.1, Baciro, Kecamatan Gondokusuman, Kota

Notasi	Fasilitas Kesehatan	Alamat
		Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55225
4	Puskesmas Gondokusuman 2	Jalan Prof. DR. Sardjito No.22, Terban, Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55223
5	Puskesmas Kotagede 1	Jalan Kemasan No.12, Prenggan, Kecamatan Kotagede, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55173
6	Puskesmas Kotagede 2	Jalan Ki Penjawi No.4, Rejowinangun, Kecamatan Kotagede, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55171
7	Puskesmas Mantrijeron	Jalan DI Panjaitan No.82, Suryodiningratan, Kecamatan Mantrijeron, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55141
8	Puskesmas Umbulharjo 2	Jalan Hibrida No.194, Muja Muju, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55165

Dengan telah diketahuinya alamat titik fasilitas kesehatan yang terlibat dalam rencana strategis penanganan masalah kesehatan di daerah rawan banjir maka perlu juga diketahui data jarak antar masing-masing titik yang terlibat. Proses pengumpulan data jarak antar lokasi fasilitas kesehatan dilakukan dengan menggunakan aplikasi Google Maps. Hasil penngumpulan data jarak antar lokasi fasilitas kesehatan kemudian disusun dalam matriks jarak sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3. Matriks jarak tersebut merupakan masukan (*input*) penting untuk menentukan rute optimal pada penelitian ini

Tabel 3. Matriks Jarak antar Lokasi (dalam km)

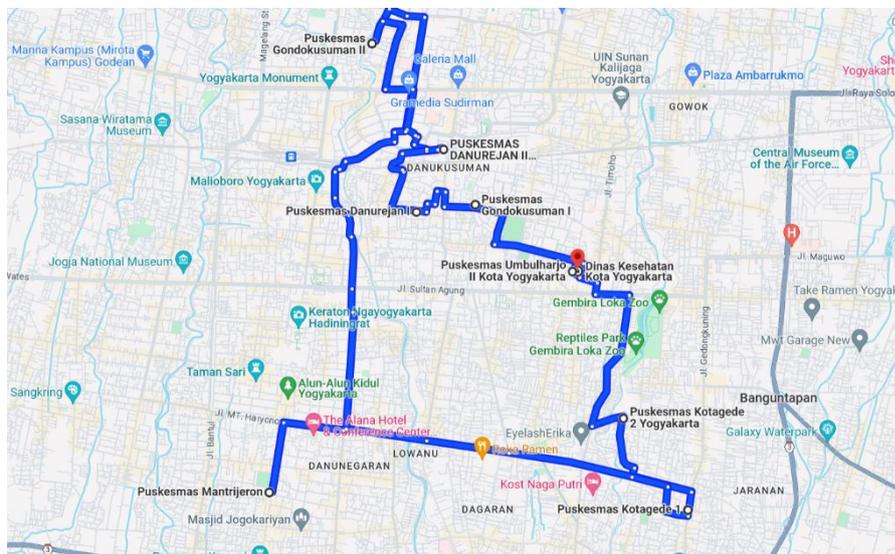
Notasi	A	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0	3	3.2	2.3	6	4	2.9	5.8	0.8
1	3	0	1.1	1	3.7	5.2	4.3	4.5	2.2
2	3.2	1.1	0	1.4	2.9	6.3	5.1	5.4	3.1
3	2.3	1	1.4	0	3.6	5.1	3.9	5.1	1.7
4	6	3.7	2.9	3.6	0	8.3	7	6.7	5.1
5	4	5.2	6.3	5.1	8.3	0	1.5	5.2	3.9
6	2.9	4.3	5.1	3.9	7	1.5	0	4.3	2.7
7	5.8	4.5	5.4	5.1	6.7	5.2	4.3	0	5.6
8	0.8	2.2	3.1	1.7	5.1	3.9	2.7	5.6	0

Dengan menggunakan data matriks jarak pada Tabel 3 maka proses penentuan rute dapat dilakukan. Proses penentuan rute ini dilakukan dengan menggunakan 2 skenario. Skenario pertama diasumsikan bahwa semua lokasi dapat dikunjungi dalam 1 rute. Pada penentuan ini kami menyebut skenario 1 sebagai penentuan rute tanpa kluster. Skenario dipakai apabila fasilitas kendaraan yang dimiliki untuk melakukan proses distribusi hanya terdapat 1 unit. Kelebihan skenario ini adalah biaya yang dibutuhkan minimal. Skenario ini dapat dipilih juga apabila 1 kendaraan yang dipakai sudah mampu mengirimkan sejumlah bantuan ke seluruh lokasi yang dikehendaki. Namun hal tersebut juga perlu dipastikan bahwa saat pengiriman dilakukan bukan merupakan kondisi yang dinilai gawat darurat. Apabila kondisi bencana telah terjadi dan butuh segera mengirimkan bantuan maka skenario 1 ini menjadi tidak cocok dilakukan. Berdasarkan hasil pengolahan dengan menggunakan algoritma *simulated annealing* maka diperoleh rute optimal distribusi bantuan logistik kesehatan sebagaimana dapat dicermati pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penentuan Rute tanpa Kluster

Parameter	Rute	Jarak Tempuh (km)	Waktu Komputasi (detik)
A	A→6→5→7→4→2→1→3→8→A	23,8	0,069274
B	A→8→3→1→2→4→7→5→6→A	23,8	0,073898
C	A→8→3→1→2→4→7→5→6→A	23,8	0,084997

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa hasil penentuan rute dengan 3 parameter yang dipakai menghasilkan rute dengan jarak tempuh yang sama yaitu 23,8 km. Akan tetapi dari ketiga rute tersebut diketahui bahwa parameter A memberikan hasil rute optimal dengan waktu komputasi terkecil dibanding kedua parameter lain. Hasil rute tersebut kemudian divisualisasikan dalam Google Maps sebagaimana dapat dilihat di Gambar 3. Melalui proses visualisasi tersebut kemudian juga diketahui bahwa waktu tempuh yang dibutuhkan yaitu 1 jam 9 menit.



Gambar 1. Visualisasi Rute Tanpa Kluster

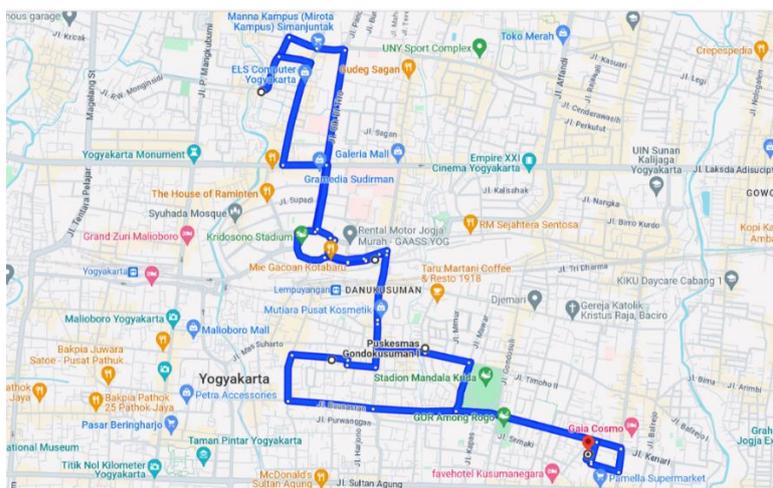
Sumber : Hasil Olah Peneliti Menggunakan Gmaps (2023)

Proses penentuan rute ini juga dilakukan dengan menggunakan skenario lain yang kami sebut penentuan rute dengan kluster. Skenario kedua ini membagi lokasi puskesmas menjadi 2 kluster yaitu Kecamatan Gondokusuman dan Umbulharjo. Skenario 2 ini dipakai apabila terjadi 2 kondisi. Kondisi pertama yaitu fasilitas kendaraan yang dimiliki untuk melakukan proses distribusi memiliki jumlah lebih dari 1 unit (2 unit). Kondisi kedua yaitu apabila 1 kendaraan dirasa tidak bisa memuat semua logistik yang hendak didistribusikan. Dengan digunakannya 2 kendaraan pada proses distribusi maka akan memerlukan biaya yang lebih tinggi daripada skenario 1. Akan tetapi, skenario 2 ini memiliki keunggulan dari sisi waktu tempuh. Apabila menggunakan 2 kendaraan maka proses distribusi dapat dilakukan dengan lebih cepat sehingga apabila kebutuhan bantuan logistik kesehatan sedang diperlukan dapat segera dipakai. Berdasarkan hasil pengolahan dengan menggunakan algoritma *simulated annealing* maka diperoleh rute optimal distribusi bantuan logistik kesehatan sebagaimana dapat dicermati pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Penentuan Rute Kecamatan Gondokusuman

Parameter	Rute	Jarak Tempuh (km)	Waktu Komputasi (detik)
A	A→3→4→2→1→A	12,9	0,066530
B	A→1→2→4→3→A	12,9	0,064897
C	A→1→2→4→3→A	12,9	0,078303

Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa hasil penentuan rute dengan 3 parameter yang dipakai juga memberikan hasil rute dengan jarak tempuh yang sama yaitu 12,9 km. Akan tetapi dari ketiga rute tersebut diketahui bahwa parameter B memberikan hasil rute optimal dengan waktu komputasi terkecil dibandingkan parameter A dan C. Hasil rute tersebut kemudian divisualisasikan dalam Google Maps sebagaimana dapat dilihat di Gambar 3. Melalui proses visualisasi tersebut kemudian juga diketahui bahwa waktu tempuh yang dibutuhkan yaitu 37 menit.



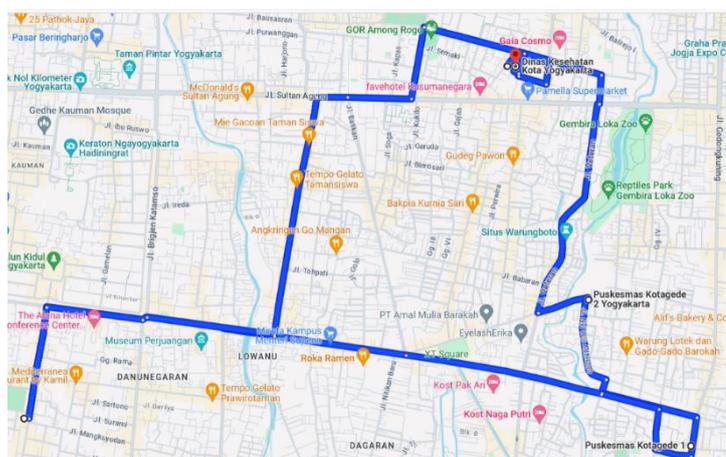
Gambar 2. Visualisasi Rute Kecamatan Gondokusuman
 Sumber : Hasil Olah Peneliti Menggunakan Gmaps (2023)

Pada tabel 6 menunjukkan hasil penentuan rute pengklasteran daerah ke dua yaitu daerah Kecamatan Umbulharjo, dengan 3 paramer/perulangan . Dimana ke-3 parameter memiliki hasil jarak tempuh daerah yang sama yaitu sebesar 16 km, dengan waktu koputasi tersingkat ialah parameter A sebesar 0.069948 detik.

Tabel 6. Hasil Penentuan Rute Kecamatan Umbulharjo

Parameter	Rute	Jarak Tempuh (km)	Waktu Komputasi (detik)
A	A→6→5→7→8→A	16	0,069948
B	A→8→6→5→7→A	16	0,065517
C	A→8→6→5→7→A	16	0,070057

Berdasarkan tabel 6 diketahui bahwa hasil penentuan rute dengan 3 parameter yang dipakai juga memberikan hasil rute dengan jarak tempuh yang sama yaitu 16 km. Akan tetapi dari ketiga rute tersebut diketahui ketiga parameter tersebut memiliki waktu komputasi yang berbeda. Diketahui bahwa parameter B dalam klaster Kecamatan Umbulharjo memberikan hasil rute optimal dengan waktu komputasi terkecil dibandingkan parameter A dan C. Hasil rute tersebut kemudian divisualisasikan dalam Google Maps sebagaimana dapat dilihat di Gambar 3. Melalui proses visualisasi tersebut kemudian juga diketahui bahwa waktu tempuh yang dibutuhkan yaitu 47 menit.



Gambar 3. Visualisasi Rute Kecamatan Umbulharjo
 Sumber : Hasil Olah Peneliti Menggunakan Gmaps (2023)

Penelitian ini berhasil menetapkan titik awal dan tujuan distribusi bantuan terkait banjir di Kota Yogyakarta. Dengan menggabungkan analisis kuantitatif dan data jarak antar puskesmas menggunakan Google Maps, dua skenario distribusi diuji: tanpa kluster dan dengan kluster. Hasil optimal menunjukkan rute tanpa kluster mencapai jarak tempuh 23,8 km dalam waktu singkat, sementara rute dengan kluster untuk Kecamatan Gondokusuman mencapai jarak tempuh 12,9 km dalam 37 menit. Hasil ini memberikan kontribusi praktis untuk perencanaan tanggap darurat bencana banjir, memastikan distribusi bantuan logistik kesehatan yang efisien dan responsif di daerah rawan banjir Kota Yogyakarta.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyoroti pentingnya perencanaan rute distribusi bantuan logistik kesehatan ke daerah rawan banjir di Kota Yogyakarta. Dengan memanfaatkan metode Simulated Annealing, penelitian ini mengidentifikasi optimalisasi rute tanpa kluster dan dengan kluster (berdasarkan kecamatan) untuk meningkatkan efisiensi waktu dan jarak tempuh. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan kluster dapat meminimalkan jarak dan waktu tempuh dalam distribusi, dengan skenario kluster memberikan solusi terbaik dalam hal efisiensi waktu. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi praktis untuk perencanaan distribusi bantuan kesehatan dalam situasi darurat banjir, memastikan respons yang lebih cepat dan efektif untuk mendukung kesehatan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhitama, L., & Kurniawati, D. A. (2023). Development of Ant Colony Optimization Algorithm for Green Capacitated Vehicle Routing Problem. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 22(02), 307–322.
- Adhitama, L., Murniati, S., & Pramudyo, C. S. (2023). Minimasi Jarak Pengiriman Roti Cv. Twin Setia Dengan Metode K-Means Clustering Dan Simulated Annealing. *Jurnal Teknik SILITEK*, 03(02), 1–8.
- Adhitama, L., Rahmad, D., Pratama, F. Y., & Purnamasari, D. M. (2023). Penentuan Rute Penarikan Obat Penyebab Gagal Ginjal Akut pada Anak di Fasilitas Kesehatan Kota Yogyakarta. *Prosiding Sains dan Teknologi*, 2(1), 352–360.
- Asih, A. M. S., Sopha, B. M., & Kriptaniadewa, G. (2017). Comparison study of metaheuristics: Empirical application of delivery problems. *International Journal of Engineering Business Management*, 9, 184797901774360. <https://doi.org/10.1177/1847979017743603>
- Ferreira, K. M., & De Queiroz, T. A. (2018). Two effective simulated annealing algorithms for the Location-Routing Problem. *Applied Soft Computing*, 70, 389–422. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.05.024>
- Husna, N. A., Hendri, D., Haq, H. Z., & Rahmadyan, A. (2023). Implementation of the Ant Colony Optimization Algorithm for Determination of the Shortest Clinic Path from Accident-Prone Locations in Pekanbaru City.
- Liperda, R. I., Pewira Redi, A. A. N., Sekaringtyas, N. N., Astiana, H. B., Sopha, B. M., & Maria Sri Asih, A. (2020). Simulated Annealing Algorithm Performance on Two-Echelon Vehicle Routing Problem-Mapping Operation with Drones. *2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1142–1146. <https://doi.org/10.1109/IEEM45057.2020.9309923>
- Maulida, D., & Fitriyani, N. (2023). Mereduksi Trauma Akibat Bencana Gempa Bumi Menggunakan Pendekatan Cognitive Behavioral Therapy. *Jagratarata: Journal of Disaster Research*, 1(1), 33-38.
- Nugroho, Y. A. (2019). Optimasi Model Pengiriman Bantuan Bencana Gempa Bumi di BPBD Kabupaten Bantul. *SPEKTRUM INDUSTRI*, 17(1), 79. <https://doi.org/10.12928/si.v17i1.10882>
- Pramudyo, C.S, Tanggono, H.A, Asy'ari, M.H. (2021). Penentuan Rute Pengiriman Beras Menggunakan Metode Nearest Neighbour dan Mixed Integer Linear Programming. *Jurnal Transportasi Multimoda*, 19(2), 1-6
- Rahman, D. F. (2022, April 7). *Survei KIC: Puskesmas Jadi Fasilitas Kesehatan Terdekat Bagi Mayoritas Masyarakat | Databoks*. Databoks. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/04/07/survei-kic-puskesmas-jadi-fasilitas-kesehatan-terdekat-bagi-mayoritas-masyarakat>

- Redi, A. A. N. P., & Redioka, A. A. N. A. (2019). Algoritma Simulated Annealing untuk Optimasi Rute Kendaraan dan Pemindahan Lokasi Sepeda pada Sistem Public Bike Sharing. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 3(1), 50. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v3i1.1473>
- Rezqiana, A. N. (2023). *Musim Hujan, Ada 9 Kecamatan Rawan Bencana di Kota Jogja: Gondokusuman, Umbulharjo, Mergangsan—Halaman 2—Tribunjogja.com.* TribunJogja.com. <https://jogja.tribunnews.com/amp/2023/11/28/musim-hujan-ada-9-kecamatan-rawan-bencana-di-kota-jogja-gondokusuman-umbulharjo-mergangsant?page=2>
- Wu, L., & Xiang, X. (2021). Emergency Resource Scheduling During COVID-19. *E3S Web of Conferences*, 253, 01012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125301012>
- Yu, V. F., Indrakarna, P. A. Y., Redi, A. A. N. P., & Lin, S.-W. (2021). Simulated Annealing with Mutation Strategy for the Share-a-Ride Problem with Flexible Compartments. *Mathematics*, 9(18), 2320. <https://doi.org/10.3390/math9182320>
- Yu, V. F., Iswari, T., Normasari, N. M. E., Asih, A. M. S., & Ting, H. (2018). Simulated annealing with restart strategy for the blood pickup routing problem. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 337, 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/337/1/012007>

