

---

---

# Journal Of Industrial Engineering And Technology (Jointech) Universitas Muria Kudus

---

Journal homepage :  
<http://journal.UMK.ac.id/index.php/jointech>

---

## IMPLEMENTASI ALGORITMA ANT COLONY SYSTEM PADA OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BIBIT TANAMAN PENAHAN LONGSOR DI KABUPATEN SAMOSIR

Siti Dinar Rezki Ramadhani<sup>1,\*</sup>, Lukman Adhitama<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Industri, Institut Teknologi Palalawan Indonesia, Pangkalan Kerinci Kota, Kec.Pangkalan Kerinci, Kabupaten Pelalawan, Riau 28654, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika 2, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281, Indonesia

\* email Korespondensi : siti.dinar123@gmail.com

---

### INFO ARTIKEL

---

*Article history :*

Received : 30 Noverber 2024

Accepted : 11 Juni 2025

---

Kata Kunci:  
Bibit  
Tanah Longsor  
Rute Distribusi  
*Ant Colony*

---

### ABSTRAK

---

Daerah Samosir terletak di wilayah dataran tinggi, memiliki jenis tanah topografi dan kontur tanah berbukit dan bergelombang dengan iklim tropis memiliki kelembaban udara rata-rata 85%, yang menyebabkan Samosir rawan longsor. Terdapat sembilan daerah rawan lonsor yang ada di daerah Samosir karena berada di dataran tinggi, lereng dan memiliki curah hujan yang tinggi. Upaya untuk mengatasi bencana rawan longsor tesebut dinas lingkungan hidup dan kehutanan Provinsi Sumatera Utara melakukan program penghijauan lingkungan sebagai penyangga lahan rawan longsor kepada BPBD Kabupaten Samosir. Pengiriman bibit tersebut direncanakan akan dilakukan secara berkala pada setiap periode sehingga diperlukan penentuan rute distribusi yang optimal. Tujuan distribusi bibit yang optimal untuk mencari rute terdekat dari pengiriman bibit, proses penentuan rute distribusi menggunakan metode *Ant Colony System* sehingga dapat menjaga kualitas bibit yang di salurkan. Hasil rute terpendek yang diperoleh pada sembilan kecamatan rawan lonsor di Samosir memiliki jarak tempuh 218,7 km algoritma *Ant Colony System* (ACS) dapat digunakan pada kasus yang serupa karena telah teruji berhasil pada kasus ini.

---

## PENDAHULUAN

Letak Indonesia berada di dua lempeng benua yang rentan terhadap bencana gempa dan Indonesia terletak pada garis katulistiwa yang menyebabkan iklim tropis dengan curah hujan yang tinggi. Secara geografis menjadikan bangsa ini sangat rentan terhadap bencana terutama bencana tanah longsor. Bencana tanah longsor sering terjadi pada lereng perbukitan yang dikarenakan pergerakan batu dan tanah yang tidak stabil. Penyebab tanah longsor antara lain adalah topografi, curah hujan yang tinggi, kemiringan lereng, geologi dan jenis tanah (Sulistio dkk., 2020). Daerah Samosir terletak di wilayah dataran tinggi, memiliki jenis tanah topografi dan kontur tanah berbukit dan bergelombang dengan iklim tropis memiliki kelembaban udara rata-rata 85%. Kawasan rawan longsor di Samosir meliputi 9 kecamatan yaitu Kecamatan Simanindo, Kecamatan Sianjur Mulamula, Kecamatan Palipi, Kecamatan Pangurusan, Kecamatan Ronggurnihuta Kecamatan Nainggolan, Kecamatan Onanrunggu, Kecamatan Harian dan Kecamatan Siotio.

Solusi untuk meminimalisir bencana tanah longsor salah satunya dengan penghijauan pada tanah yang memiliki kemiringan yang curam (Merdiriyani & Sabrina, 2024). Dinas lingkungan hidup dan kehutanan Provinsi Sumatera Utara melakukan program penghijauan lingkungan sebagai penyangga lahan rawan longsor kepada BPBD Kabupaten Samosir. Bantuan yang diberikan berupa ribuan bibit tanaman untuk penahan longsor yang didistribusikan untuk 9 kecamatan yang rawan longsor di Samosir. Bibit tanaman tersebut harus dilakukan dengan distribusi yang optimal kepada kecamatan yang memiliki lahan yang rentan dan rawan terhadap tanah longsor. Tujuan distribusi bibit yang optimal untuk mencari rute terdekat dari pengiriman bibit sehingga dapat menjaga kualitas bibit yang di salurkan.

Beberapa penelitian terkait penanganan masalah kesehatan dan bencana alam telah dilakukan di Indonesia. Penelitian mengenai bantuan logistik ke setiap wilayah di Palu, Sulawesi Tengah yang terkena bencana gempa bumi dan tsunami menunjukkan hasil optimasi rute distribusi terpendek dengan metode *saving matrix* (Maulidiah dkk., 2019) Sedangkan pada penelitian Adhitama dkk., (2023) Optimasi rute distribusi bantuan logistik kesehatan ke daerah rawan banjir di Kota Yogyakarta menunjukkan hasil optimasi rute terbaik menggunakan metode algoritma *simulated annealing* dan klaster. Pada penelitian penanganan bencana banjir di Kota Padang, penentuan jalur evakuasi korban telah berhasil dioptimalkan dengan metode *Ant Colony Optimization* (Fitriyani & Ahmad, 2024). Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan pentingnya penentuan distribusi untuk pengoptimalkan rute pada kasus penanganan masalah terkait bencana alam secara tepat dan cepat.

Permasalahan distribusi bantuan dalam penelitian optimasi dapat dikategorikan dalam kasus *Vehicle Routing Problem* (VRP) yaitu proses menentukan rute optimal dari suatu depot menuju ke sejumlah lokasi tujuan (Sulistiyono, 2022). Permasalahan VRP dapat menggunakan metode ACS yang merupakan metode metaheuristik, metode ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam transportasi penentuan rute, dan dapat menentukan rute terpendek distribusi dari berbagai perulangan hingga hasil komputasi optimal. Pada penelitian tentang penggunaan *Ant Colony System* (ACS) untuk permasalahan mengenai distribusi menghasilkan pengurangan jarak tempuh, rute terpendek dan sebagai referensi baru untuk algoritma ACS dengan jumlah tujuan / titik lokasi 60 ATM yang tersebar di Kota Palu (Nugraha dkk., 2020). Algoritma *Ant Colony System* (ACS) juga dapat memecahkan masalah kurir JNE untuk mengambil keputusan dalam menentukan lokasi jalur yang akan dilalui dengan satu siklus atau satu iterasi agar menempuk jarak yang minimal (Jumaedi dkk., 2024). Pada penelitian ini, proses penentuan rute distribusi juga menggunakan algoritma *Ant Colony System* (ACS). Diharapkan penelitian ini dapat menjadi dasar untuk perencanaan distribusi bibit di daerah Samosir yang lebih baik dari kondisi sebelum ada penentuan rute, sehingga dapat memilih jalur terdekat.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dari diperlukannya pencegahan bencana longsor di Kabupaten Samosir melalui penanaman tumbuhan. Bibit tanaman yang diperlukan harus diberikan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Samosir kepada daerah-daerah yang dianggap rawan longsor. Dengan diketahuinya data rincian lokasi yang perlu mendapatkan bibit tersebut maka dapat dilakukan penentuan rute distribusi untuk mendapatkan jarak minimal dalam pengiriman bibit tanaman penahan longsor di Kabupaten Samosir.

Untuk dapat melakukan perhitungan rute distribusi, penelitian ini menerapkan algoritma *Ant Colony System* (ACS). *Ant Colony System* (ACS) merupakan metode optimasi metaheuristik yang diilhami dari perilaku semut dalam mencari makanan (Dorigo dkk., 2006). Untuk dapat memperoleh makanan, semut akan berjalan menuju suatu sumber makanan dengan meninggalkan zat yang disebut feromon sebagai penanda jejak yang nantinya dapat dijadikan acuan (de Oliveira dkk., 2021). Ketika makanan telah ditemukan maka suatu semut kembali ke sarang dengan mengikuti jejak feromon yang ada kemudian mengajak semut yang lain menuju ke sumber makanan tersebut sehingga zat feromon akan diperbarui lagi dan berpotensi semakin mendatang semut dari banyak tempat yang ingin memperoleh makanan (Adhitama & Kurniawati, 2023). Berdasarkan hal tersebut, diketahui bahwa terdapat beberapa langkah umum algoritma *Ant Colony System* (ACS) dalam melakukan penentuan rute distribusi yaitu sebagai berikut (Santosa, 2017).

1. Melakukan inialisasi parameter yang terdiri jumlah semut ( $m$ ), jumlah iterasi ( $i$ ), bobot iterasi ( $\alpha$ ), bobot visibilitas ( $\beta$ ) dan koefisien penguapan feromon ( $\rho$ ). Berdasarkan langkah 1 ini, pada penelitian ini menerapkan nilai parameter yang mengacu pada penelitian rute distribusi dengan lebih dari 1 depot yang dilakukan di India (Jabir dkk., 2017). Rincian nilai parameter yang diterapkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.
2. Memilih lokasi secara acak berdasarkan matriks visibilitas dan melakukan pembaruan terhadap matriks tersebut setelah lokasi terpilih.
3. Memperbarui nilai feromon yang terbentuk sebagai akibat dari lokasi yang telah dikunjungi serta mengurangnya di lokasi yang lain yang tidak atau belum terpilih untuk dikunjungi.
4. Melakukan langkah 2 dan 3 hingga semua lokasi telah dikunjungi oleh semua semut dan semua iterasi telah dilakukan.
5. Menentukan rute distribusi yang terpilih berdasarkan nilai feromon terbesar yang ditinggalkan oleh semut dari hasil mengunjungi semua lokasi dari semua iterasi.

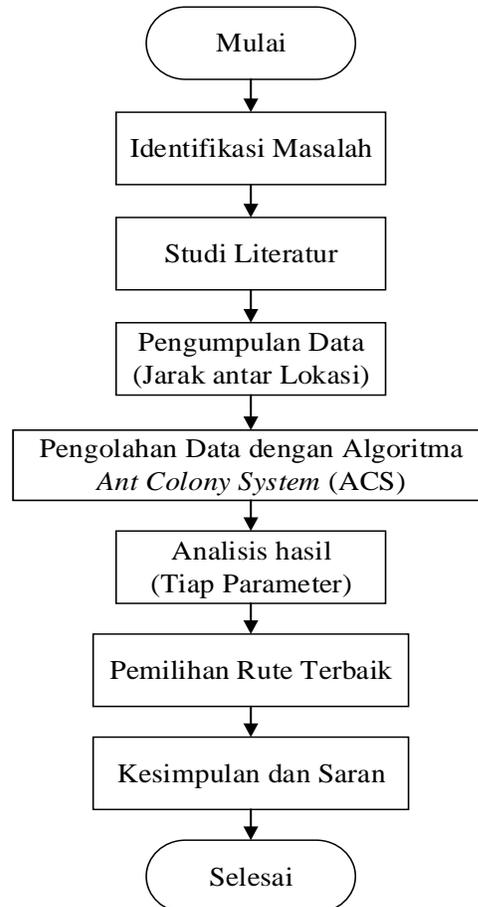
Tabel 1. Parameter *Ant Colony System* (ACS)

Parameter	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Jumlah semut ( $m$ )	10	50	60	100	200
Iterasi ( $i$ )	10	20	30	40	50
Bobot Feromon ( $\alpha$ )	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7
Bobot Visibilitas ( $\beta$ )	1	2	3	4	5
Koefisien Penguapan ( $\rho$ )	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Pada penelitian ini, penentuan rute distribusi memberikan 5 hasil pada tiap parameter yang diterapkan. Setiap parameter akan diambil 1 hasil terbaik yang dibandingkan dengan parameter lain. Hasil dengan jarak tempuh paling minimal menandakan bahwa rute tersebut merupakan

opsi terbaik yang dapat diterapkan dalam kasus distribusi bibit penahan longsor yang dikerjakan dalam penelitian ini.

Berdasarkan penjelasan di atas, berikut pada gambar 1 merupakan diagram alir dari proses penelitian yang dilakukan pada penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penentuan rute distribusi melibatkan titik awal yaitu lokasi keberangkatan dan titik akhir yaitu lokasi tujuan. Pada penelitian ini titik awal yang berperan sebagai lokasi keberangkatan adalah Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Samosir. Kemudian, lokasi tujuan dilakukannya distribusi yaitu terdapat di beberapa kecamatan yang masuk dalam kategori rawan terjadi tanah longsor. Diketahui bahwa daerah rawan longsor di Kabupaten Samosir terdapat di 9 kecamatan yang mencakup Simanindo, Sianjur Mulamula, Palipi, Pangururan, Ronggurnihuta, Nainggolan, Onanrunggu, Harian dan Sitiotio (Lubis, 2021). Dengan demikian maka titik lokasi yang terlibat dalam penelitian ini berjumlah 10 titik. Apabila secara berurutan dari titik awal dan titik tujuan diberikan notasi 1-10 maka matriks jarak yang disusun sebagai data pada penelitian ini adalah seperti pada tabel 2.

Berdasarkan matriks jarak pada tabel 2, maka proses penentuan rute distribusi menggunakan algoritma *Ant Colony System (ACS)* pada *software Matlab* telah dapat dilakukan. Proses komputasi rute distribusi menggunakan algoritma *Ant Colony System (ACS)*

pada *software Matlab* memberikan hasil berupa urutan lokasi kunjungan beserta jarak tempuhnya. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Matriks Jarak antar Lokasi

Titik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	26,1	17	13,7	7,8	15,7	31	42,5	28,8	37
2	26,1	0	37,7	29,9	18,3	15,9	47,2	51,7	47,3	57,1
3	17	37,7	0	27,3	13,9	25	44,7	56,2	15,3	28,9
4	13,7	29,9	27,3	0	21,5	14	17,3	28,9	42,5	50,6
5	7,8	18,3	13,9	21,5	0	16,6	19	50,2	29	37,1
6	15,7	15,9	25	14	16,6	0	31,3	39,1	40,8	48,7
7	31	47,2	44,7	17,3	19	31,3	0	11,6	59,8	67,9
8	42,5	51,7	56,2	28,9	50,2	39,1	11,6	0	71,4	79,5
9	28,8	47,3	15,3	42,5	29	40,8	59,8	71,4	0	32,1
10	37	57,1	28,9	50,6	37,1	48,7	67,9	79,5	32,1	0

### A. Parameter 1

Penentuan rute distribusi menggunakan algoritma *Ant Colony System* (ACS) dengan menerapkan parameter level 1 yang terdiri dari jumlah semut ( $m$ ) = 10, iterasi ( $i$ ) = 10, bobot iterasi ( $\alpha$ ) = 0,1, bobot visibilitas ( $\beta$ ) = 1 dan koefisien penguapan feromon ( $\rho$ ) = 0,1 serta jumlah repetisi sebanyak 5 kali memberikan hasil seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Rute Distribusi berdasarkan Parameter 1

No	Rute yang Terpilih	Jarak Tempuh (km)
1	1 → 8 → 7 → 2 → 6 → 4 → 9 → 5 → 3 → 10 → 1	282,5
2	1 → 10 → 9 → 4 → 2 → 6 → 3 → 5 → 7 → 8 → 1	269,4
3	1 → 5 → 3 → 9 → 10 → 8 → 7 → 4 → 6 → 2 → 1	233,5
4	1 → 10 → 9 → 4 → 6 → 2 → 5 → 3 → 7 → 8 → 1	272,5
5	1 → 3 → 2 → 6 → 5 → 7 → 8 → 4 → 9 → 10 → 1	258,3

Berdasarkan tabel 3, diketahui bahwa pengolahan data menggunakan algoritma *Ant Colony System* (ACS) sebanyak 5 kali dengan menerapkan parameter 1 memberikan hasil berupa 5 rute yang berbeda. Pada awal perhitungan jarak tempuh yang dihasilkan cukup tinggi, kemudian berangsur-angsur menurun hingga ke replikasi 3, lalu naik lagi dan hasil terakhirnya kembali turun. Hasil pengolahan pada parameter ini memberikan jarak paling minimal pada pengolahan ke 3 dengan total jarak tempuh yang diperoleh yaitu bernilai 233,5 km.

### B. Parameter 2

Penerapan algoritma *Ant Colony System* (ACS) dalam penentuan rute distribusi dengan menggunakan parameter level 2 dengan rincian yaitu jumlah semut ( $m$ ) = 50, iterasi ( $i$ ) = 20, bobot iterasi ( $\alpha$ ) = 0,3, bobot visibilitas ( $\beta$ ) = 2 dan koefisien penguapan feromon ( $\rho$ ) = 0,2 serta jumlah replikasi hingga 5 kali memberikan hasil seperti pada tabel 4.

Berdasarkan tabel 4, diketahui bahwa hasil perhitungan rute distribusi menggunakan algoritma *Ant Colony System* (ACS) sebanyak 5 kali dengan menerapkan parameter 1 menghasilkan rute yang bervariasi. Dalam 5 kali perhitungan hasil rute yang diperoleh meraih angka yang kecil di awal, lalu naik sebanyak 2 kali, kemudian turun lagi di perhitungan ke 4

dan naik lagi pada perhitungan paling akhir. Dari hasil yang telah didapat, rute dengan total jarak tempuh paling kecil terdapat di luaran pertama yang bernilai sebesar 225,5 km.

Tabel 4. Hasil Rute Distribusi berdasarkan Parameter 2

No	Rute yang Terpilih	Jarak Tempuh (km)
1	1 → 5 → 2 → 6 → 4 → 7 → 8 → 4 → 9 → 10 → 1	225,5
2	1 → 5 → 6 → 2 → 8 → 7 → 4 → 3 → 10 → 9 → 1	238,0
3	1 → 5 → 2 → 7 → 8 → 6 → 4 → 3 → 9 → 10 → 1	249,7
4	1 → 4 → 8 → 7 → 5 → 6 → 2 → 9 → 3 → 10 → 1	234,2
5	1 → 5 → 2 → 6 → 4 → 7 → 8 → 10 → 3 → 9 → 1	237,4

### C. Parameter 3

Proses komputasi rute distribusi dengan mengaplikasikan algoritma *Ant Colony System* (ACS) dengan nilai parameter level 3 yang meliputi jumlah semut ( $m$ ) = 60, iterasi ( $i$ ) = 30, bobot iterasi ( $\alpha$ ) = 0,4, bobot visibilitas ( $\beta$ ) = 3 dan koefisien penguapan feromon ( $\rho$ ) = 0,3 serta 5 kali pengulangan perhitungan memberikan hasil sebagaimana dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Berdasarkan tabel 5, diperoleh hasil bahwa proses komputasi rute distribusi menggunakan algoritma *Ant Colony System* (ACS) sebanyak 5 kali pada parameter 3 ini memiliki luaran berupa 5 rute yang berbeda satu dengan yang lain. Hasil komputasi dari pertama hingga kelima memiliki pola dari pertama menuju kedua turun, lalu naik pada hasil ketiga, lalu turun lagi pada hasil keempat dan kenaikan tertinggi terjadi di perhitungan kelima. Dari nilai yang telah diperoleh tersebut, diketahui rute pada hasil ke 2 memiliki jarak dengan nilai terendah yaitu 234,3 km.

Tabel 5. Hasil Rute Distribusi berdasarkan Parameter 5

No	Rute yang Terpilih	Jarak Tempuh (km)
1	1 → 5 → 9 → 10 → 3 → 6 → 2 → 4 → 7 → 8 → 1	250,0
2	1 → 5 → 2 → 6 → 4 → 7 → 8 → 9 → 10 → 3 → 1	234,3
3	1 → 5 → 2 → 10 → 9 → 3 → 4 → 6 → 7 → 8 → 1	257,3
4	1 → 3 → 9 → 10 → 5 → 4 → 8 → 7 → 6 → 2 → 1	236,8
5	1 → 5 → 6 → 10 → 3 → 9 → 7 → 8 → 2 → 4 → 1	284,0

### D. Parameter 4

Pengolahan data yang dilakukan menggunakan algoritma *Ant Colony System* (ACS) dengan rincian parameter level 4 yang terdiri dari jumlah semut ( $m$ ), iterasi ( $i$ ), bobot iterasi ( $\alpha$ ), bobot visibilitas ( $\beta$ ) dan koefisien penguapan feromon ( $\rho$ ) masing-masing bernilai 100, 40, 0,5, 4 dan 0,4 serta jumlah pengulangan sebanyak 5 kali memberikan hasil seperti pada tabel 6.

Berdasarkan tabel 6, diketahui bahwa seluruh hasil rute yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan algoritma *Ant Colony System* (ACS) yang menerapkan parameter 4 dengan replikasi sebanyak 5 kali tidak memiliki persamaan satu dengan yang lain. Akan tetapi, jika dilihat dari kenaikan dan penurunan yang diperoleh pada hasil ini juga tidak berbeda signifikan. Dengan melihat pada hasil tersebut, kemudian diketahui bahwa rute pada hasil kelima ini memiliki nilai yang paling optimal dengan total jarak tempuh sebesar 236,8 km.

Tabel 6. Hasil Rute Distribusi berdasarkan Parameter 6

No	Rute yang Terpilih	Jarak Tempuh (km)
1	1 → 5 → 6 → 2 → 4 → 8 → 7 → 3 → 9 → 10 → 1	239,8
2	1 → 5 → 3 → 9 → 10 → 4 → 6 → 2 → 8 → 7 → 1	243,9
3	1 → 5 → 6 → 2 → 8 → 7 → 4 → 9 → 4 → 10 → 1	244,6
4	1 → 5 → 10 → 3 → 9 → 4 → 7 → 8 → 2 → 6 → 1	243,8
5	1 → 5 → 2 → 6 → 10 → 9 → 3 → 4 → 7 → 8 → 1	236,8

### E. Parameter 5

Perhitungan rute distribusi yang menerapkan algoritma *Ant Colony System* (ACS) dengan nilai parameter level 5 berupa jumlah semut (m) yaitu 200, iterasi (i) yaitu 50, bobot iterasi ( $\alpha$ ) yaitu 0,7, bobot visibilitas ( $\beta$ ) yaitu 5 dan koefisien penguapan feromon ( $\rho$ ) yaitu 0,5 serta jumlah replikasi sebanyak 5 kali memberikan hasil seperti pada tabel 7.

Berdasarkan tabel 7, diperoleh hasil bahwa perhitungan rute distribusi dengan mengaplikasikan algoritma *Ant Colony System* (ACS) dengan parameter level 5 serta repetisi sebanyak 5 kali memberikan luaran berupa rute dengan jarak tempuh yang tidak sama satu sama lain. Diketahui juga bahwa repetisi sebanyak 5 kali menghasilkan jarak tempuh yang nilainya naik dan turun. Dari hasil tersebut, kemudian diketahui bahwa rute dengan jarak paling minimal dihasilkan pada perhitungan ke 2 dengan jarak tempuh terukur sebesar 218,7 km.

Tabel 7. Hasil Rute Distribusi berdasarkan Parameter 5

No	Rute yang Terpilih	Jarak Tempuh (km)
1	1 → 5 → 3 → 9 → 10 → 2 → 6 → 4 → 7 → 8 → 1	227,5
2	1 → 5 → 7 → 8 → 4 → 6 → 2 → 10 → 9 → 3 → 1	218,7
3	1 → 5 → 2 → 6 → 4 → 7 → 8 → 10 → 3 → 9 → 1	237,4
4	1 → 5 → 6 → 4 → 2 → 8 → 7 → 3 → 9 → 10 → 1	260,7
5	1 → 5 → 3 → 9 → 10 → 8 → 7 → 4 → 6 → 2 → 1	233,5

### F. Hasil Akhir

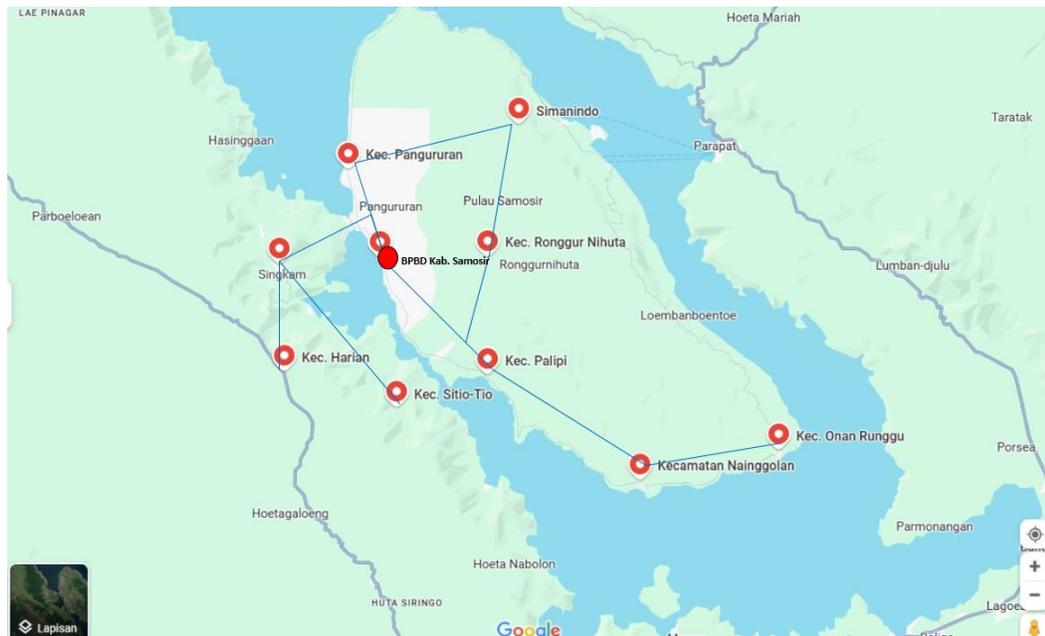
Dengan telah dilakukannya pengolahan data menggunakan algoritma *Ant Colony System* (ACS) yang menerapkan 5 level parameter dengan replikasi masing-masing sebanyak 5 kali pada masing-masing parameter maka dihasilkan rute terbaik untuk tiap hasil parameter tersebut. Rute tersebut merupakan hasil dengan nilai jarak tempuh terkecil atau paling minimal. Kompilasi dari hasil terbaik tiap parameter dikumpulkan sebagaimana terlihat pada tabel 8.

Tabel 8. Kompilasi Rute Terbaik Tiap Parameter

Parameter	Rute yang Terpilih	Jarak Tempuh (km)
1	1 → 5 → 3 → 9 → 10 → 8 → 7 → 4 → 6 → 2 → 1	233,5
2	1 → 5 → 2 → 6 → 4 → 7 → 8 → 4 → 9 → 10 → 1	225,5
3	1 → 5 → 2 → 6 → 4 → 7 → 8 → 9 → 10 → 3 → 1	234,3
4	1 → 5 → 2 → 6 → 10 → 9 → 3 → 4 → 7 → 8 → 1	236,8
5	1 → 5 → 7 → 8 → 4 → 6 → 2 → 10 → 9 → 3 → 1	218,7

Berdasarkan hasil kompilasi pada tabel 8 di atas, diketahui bahwa jarak tempuh terbesar terdapat pada parameter 4. Hasil yang diperoleh pada parameter tersebut yaitu sebesar 236,8 km. Hasil ini memiliki selisih 18,1 km dengan rute terbaik yang terpilih dari kumpulan hasil seluruh parameter. Rute ini terdapat pada parameter 5 dengan jarak tempuh hanya 218,7 km saja. Hasil pada parameter ini menyatakan bahwa rute yang harus dilalui untuk

mendistribusikan bibit tanaman penahan longsor diawali dari BPBD Kabupaten Samosir lalu mengunjungi 9 kecamatan dengan urutan yaitu Pangururan, Nainggolan, Onanrunggu, Palipi, Ronggurnihuta, Simanindo, Siotio, Harian, Sainjur Mulamula dan kembali lagi ke BPBD Kabupaten Samosir. Berdasarkan urutan ini, maka gambaran rute dalam *Google Maps* ditampilkan pada gambar 2 berikut



Gambar 2. Visualisasi Rute Distribusi yang Terpilih

Berdasarkan visualisasi yang dilakukan dengan menggunakan *Google Maps*, maka diketahui bahwa waktu distribusi yang diperlukan adalah 7 jam 1 menit. Apabila tiap kecamatan yang dikunjungi membutuhkan waktu 10 menit untuk melakukan penyerahan bibit, maka hasil total waktu yang diperoleh adalah 8 jam 41 menit. Dari hasil tersebut, apabila proses distribusi dimulai pukul 08.00 maka akan berakhir pukul 16.41.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian yang diperoleh menyatakan bahwa dalam melakukan distribusi bibit penahan longsor di Kabupaten Samosir dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma *Ant Colony System* (ACS). Secara lebih rinci, algoritma *Ant Colony System* (ACS) menghasilkan rute distribusi terbaik saat menerapkan parameter dengan jumlah semut ( $m$ ) yaitu 200, iterasi ( $i$ ) yaitu 50, bobot iterasi ( $\alpha$ ) yaitu 0,7, bobot visibilitas ( $\beta$ ) yaitu 5 dan koefisien penguapan feromon ( $\rho$ ) dengan repetisi perhitungan sebanyak 5 kali. Hasil rute yang diperoleh pada penelitian ini memiliki jarak tempuh 218,7 km. Pada masa yang akan datang, algoritma *Ant Colony System* (ACS) dapat digunakan pada kasus yang serupa karena telah teruji berhasil pada kasus ini. Namun, pada hasil penelitian ini belum dapat dibandingkan dengan metode lain apakah metode ACS hasilnya lebih optimal dari metode lainnya. Maka, untuk dapat meningkatkan performansi hasil dapat juga diperkirakan metode lain sebagai pembanding seperti *Simulated Annealing* (SA), *Particle Swarm Optimization* (PSO) maupun *Genetic Algorithm* (GA). Rencana penelitian kedepan dapat melibatkan faktor pendukung seperti biaya pemakaian bahan bakar, dan melibatkan efisiensi penggunaan emisi gas pada kendaraan distribusi.

## 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., Oktaviana Putri, & Siti Dinar Rezki Ramadhani. (2023). Optimasi Rute Distribusi Bantuan Logistik Kesehatan ke Daerah Rawan Bencana Banjir di Kota Yogyakarta. *Jagratarra: Journal of Disaster Research*, 1(2), 39–48. <https://doi.org/10.36080/jjdr.v1i2.119>
- de Oliveira, S. M., Bezerra, L. C. T., Stützle, T., Dorigo, M., Wanner, E. F., & de Souza, S. R. (2021). A computational study on ant colony optimization for the traveling salesman problem with dynamic demands. *Computers & Operations Research*, 135, 105359. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2021.105359>
- Dorigo, M., Birattari, M., & Stutzle, T. (2006). Ant colony optimization. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 1(4), 28–39. <https://doi.org/10.1109/MCI.2006.329691>
- Fitriyani, M., & Ahmad, D. (2024). Implementasi Ant Colony Optimization Algorithm (ACO) untuk Pemilihan Jalur Tercepat Evakuasi Bencana Tsunami oleh Tim SAR di Kota Padang. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 8(1), 78–84.
- Jabir, E., Panicker, V. V., & Sridharan, R. (2017). Design and development of a hybrid ant colony-variable neighbourhood search algorithm for a multi-depot green vehicle routing problem. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57, 422–457. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.003>
- Jumaedi, S. N., Abidin, W., & Nurman, T. A. (2024). Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Rute Jalur Terpendek (Studi Kasus Distribusi Barang JNE Wilayah Bumi Tamalanrea Permai (BTP)). *Jurnal Matematika dan Statistika serta Aplikasinya*, 12(1), 108–115.
- Lubis, S. A. (2021). *Analisis Daerah Rawan Longsor Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG)* [Disertasi]. Universitas Sumatera Utara.
- Maulidiah, M., Jono, J., & Ramli, I. R. (2019). Penentuan Rute Penyaluran Bantuan Bencana Guna Meminimalkan Biaya Distribusi Dengan Metode Saving Matriks. *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 1(1). <https://doi.org/10.37631/jri.v1i1.57>
- Merdiriyani, S., & Sabrina, K. R. (2024). Penanaman Pohon Untuk Mengurangi Risiko Longsor dan Mewujudkan Keasrian Lingkungan di Desa Sukahaji, Kabupaten Ciamis. *urnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat Inovatif*, 3(2), 66–73.
- Nugraha, D. W., Amriana, & Setiawati, R. (2020). Implementasi Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Pada Pencarian Jalur Terpendek Automatic Teller Machine (ATM) Di Kota Palu. *InfoTekJar (Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan)*, VOL. 4 NO.2.
- Santosa, B. (2017). *Pengantar Metaheuristik: Implementasi dengan Matlab*. ITS Tekno Sains.
- Sulistio, S., Rondonuwu, D. M., & Poli, H. (2020). Analisis Rawan Bencana Tanah Longsor di Kecamatan Ratahan Timur Kabupaten Minahasa Tenggara. *Vol 7. No. 1, 2020*, 164–175.
- Sulistiyono, E. S. (2022). Model Rute Perjalanan Minimal Dengan Menggunakan Vehicle Routing Problem Pada PT X. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 4(2), 293–299. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v4i2.497>