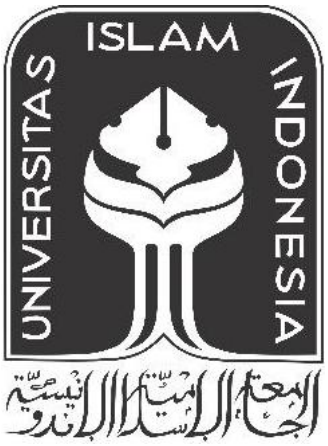
OPTIMASI RUTE PENGANTARAN PAKET MENGGUNAKAN METODE *HYBRID GENETIC ALGORITHM* DAN *SIMULATED ANNEALING* BERBASIS *OPENROUTESERVICE*

(Studi Kasus: SPX Selomerto Hub)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Nama : Elin Is Nurjanah
No. Mahasiswa : 22522357

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 1 September 2026



(Elin Is Nurjanah)

22522357

SURAT BUKTI PENELITIAN

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Asnawi Yunianto

Jabatan : Hub Lead

Dengan ini menerangkan bahwa di bawah ini:

Nama : Elin Is Nurjanah

NIM : 22522357

Jurusan : Teknik Industri

Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Universitas : Univeritas Islam Indonesia

Telah menyelesaikan penelitian di Shopee Express Selomerto HUB dengan tujuan memperoleh data dalam rangka penyusunan tugas akhir dengan judul "OPTIMASI RUTE PENGANTARAN PAKET MENGGUNAKAN METODE *HYBRID GENETIC ALGORITHM* DAN *SIMULATED ANNEALING* BERBASIS *OPENROUTESERVICE*". Mulai pelaksanaan penelitian pada 2 Juni sampai 20 Juni 2026.

Demikian surat keterangan selesai penelitian ini dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan dengan tujuan digunakan seperlunya.

Wonosobo, 21 Agustus 2026



(Achmad Asnawi Yunianto)

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

OPTIMASI RUTE PENGANTARAN PAKET MENGGUNAKAN METODE *HYBRID GENETIC ALGORITHM* DAN *SIMULATED ANNEALING* BERBASIS *OPENROUTESERVICE*

(Studi Kasus: SPX Selomerto Hub)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Elin Is Nurjanah

No. Mahasiswa : 22522357

Yogyakarta, 10 September 2026

Dosen Pembimbing



(Dr. Ir. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng., IPU.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

OPTIMASI RUTE PENGANTARAN PAKET MENGGUNAKAN METODE *HYBRID GENETIC ALGORITHM* DAN *SIMULATED ANNEALING* BERBASIS *OPENROUTESERVICE*

(Studi Kasus: SPX Selomerto Hub)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Elin Is Nurjanah

No. Mahasiswa : 22522357

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 22 September 2026

Tim Penguji

Dr. Ir. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng., IPU.	
Ketua	
Prof. Dr. Ir. Elisa Kusrini, MT CPIM., CSCP., SCOR_P	
Anggota I	
Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM.	
Anggota II	

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Dr. Sri Indrawati, ST., M.Eng

NIK. 105220102

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, kemudahan, dan kekuatan yang telah diberikan selama proses penyusunan hingga akhirnya karya ini dapat diselesaikan. Dengan penuh kasih dan hormat, karya ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya, Bapak Bikun dan Ibu Wasilah, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, motivasi, serta dukungan yang tiada henti dalam setiap langkah yang saya jalani. Persembahan ini juga saya tujukan kepada saudara-saudara saya yang selalu memberikan dukungan dan semangat. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada diri saya sendiri yang telah berusaha untuk tetap bertahan, tekun, dan sabar dalam melewati setiap proses, tantangan, serta perjuangan selama penyelesaian tugas akhir ini. Setiap proses yang telah dilalui menjadi pembelajaran yang berharga dan bagian penting dalam perjalanan ini.

MOTTO

“Karena sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.” (QS. Al-Insyirah: 5)

“ Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya.*”* (QS. An-Najm: 39)

“*Success is the sum of small efforts, repeated day in and day out*.” - Robert Collier

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim
Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, taufik, dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya yang senantiasa mengikuti ajaran beliau hingga akhir zaman. Berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul "Optimasi Rute Pengantaran Paket Menggunakan Metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* Berbasis *OpenRouteService*".

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu pemenuhan syarat akademik dalam menyelesaikan jenjang pendidikan Strata-1 pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, arahan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi tingginya kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungannya baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan penuh rasa syukur penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Dr. Sri Indrawati, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana FakultasTeknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Ir. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng., IPU. selaku Dosen Pembimbing yang telah melungkan waktu dan juga pikirannya serta memberikan motivasi, semangat, dan dukungan.
4. Bapak Achmad Asnawi Yunianto, Mas Wahid, dan seluruh karyawan SPX Selomerto Hub yang telah memberikan bimbingan dan informasi sebagai wadah untuk peneliti, sehingga dapat melaksanakan penelitian tugas akhir di SPX Selomerto Hub dengan baik.
5. Kedua Orang tua tercinta yaitu Bapak Bikun dan Ibu Wasilah sebagai sumber kekuatan terbesar bagi penulis, yang selalu mendengarkan dan berusaha untuk memahami seluruh keluh kesah serta selalu memberikan dukungan, doa disetiap waktu, ketulusan, dan motivasi tiada henti agar penulis terus bersemangat dan bertanggung jawab atas apa yang sudah dimulai.
6. Saudara kandung tersayang Ryan Muhammad Daris, dan Rizky Fadzilah Nur, Kakak Ipar tersayang Tanaya Pinastika, serta keponakan tercinta Issa Pangarsa Respati yang terus memberikan semangat, dukungan, perhatian, dan seluruh doa-doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Sahabat sejak SMP yaitu Ayunna Permatasari dan sahabat sejak SMA yaitu Dian Asmarawati, Raissa Nismara, Nasywa Mahrunisa Huaida, Berlian Nirwana yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam penulisan tugas akhir.
8. Teman-teman semasa kuliah yaitu Irma, Roro, Elip, Feybia, Fildzah, Zahra, Hawa, Sevika, Dana Delani, Rahma, Alex, Rifdi, Zul, dan Kelompok Belajar Tamasya yang telah mendukung dan memberikan semangat serta dukungan kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Sahabat Pena (Memo) yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta menemani penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.

10. Segenap keluarga besar teman-teman jurusan Teknik Industri Angkatan 2022 yang telah memberikan motivasi dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih belum sempurna, sehingga penulis menyampaikan permohonan maaf serta terbuka menerima kritik dan saran yang membangun sebagai bahan evaluasi serta penyempurnaan di masa yang akan datang. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi pembaca serta dapat memberikan kontribusi bagi pihak-pihak yang berkepentingan, khususnya dalam pengembangan penerapan optimasi rute pada proses pengantaran paket.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 1 September 2026



Elin Is Nurjanah

22522357

ABSTRAK

Peningkatan transaksi pada platform *e-commerce* mendorong bertambahnya volume paket yang harus didistribusikan oleh perusahaan logistik, termasuk *Shopee Express* (SPX). Pada SPX Selomerto Hub, penentuan urutan pengantaran masih mengandalkan pengalaman kurir dan pemahaman terhadap wilayah, sehingga terdapat peluang untuk meningkatkan efisiensi rute. Penelitian ini bertujuan menentukan rute dan jarak pengantaran aktual memperoleh parameter *Genetic Algorithm* (GA) dan *Simulated Annealing* (SA) yang sesuai, serta menganalisis rute hasil optimasi. Penelitian dilakukan pada zona pengantaran Desa Sumberwulan, Desa Karangrejo, dan Desa Kaliputih. Jarak dan waktu tempuh antartitik diperoleh menggunakan *OpenRouteService* (ORS) dan disusun dalam matriks sebagai input optimasi. Metode yang digunakan merupakan penggabungan GA untuk pencarian solusi global dan SA untuk penyempurnaan solusi secara lokal, yang diterapkan pada skenario dengan *constraint* urutan wilayah dan tanpa *constraint*. Hasil optimasi dengan *constraint* menunjukkan penurunan total jarak dari 619,16 km menjadi 599,45 km atau sebesar 3,18%, serta penghematan waktu sebesar 65,4 menit atau 3,16%, dengan 27 dari 28 periode mengalami penurunan jarak. Sedangkan, skenario tanpa *constraint* menghasilkan penurunan jarak menjadi 592,25 km atau sebesar 4,35% dan penghematan waktu sebesar 92,4 menit atau 4,46%, dengan 20 dari 28 periode mengalami penurunan jarak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *hybrid* GA dan SA dapat menghasilkan rute yang lebih efisien dibandingkan rute aktual, pada skenario tanpa *constraint* menghasilkan penghematan jarak dan waktu yang lebih besar.

Kata Kunci: Optimasi Rute, *Traveling Salesman Problem, Genetic Algorithm, Simulated Annealing*, dan *OpenRouteService*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **ii**
SURAT BUKTI PENELITIAN ..... **iii**
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iv**
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI ..... **v**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **vi**
MOTTO ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
ABSTRAK ..... **x**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.4.1 Bagi peneliti 5
1.4.2 Bagi perusahaan 5
1.4.3 Bagi penelitian selanjutnya 6
1.5 Batasan Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1 Kajian Literatur 7
2.2 Landasan Teori 11
2.2.1 Optimasi 11
2.2.2 *Travelling Salesman Problem* (TSP) 12
2.2.3 Metode *Genetic Algorithm* (GA) 12
2.2.4 Metode *Simulated Annealing* (SA) 17
2.2.5 *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* 20
2.2.6 *OpenRouteService* (ORS) 20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **22**
3.1 Objek Penelitian 22
3.2 Subjek Penelitian 22
3.3 Instrumen Penelitian 22
3.4 Data Primer dan Sekunder 23
3.5 Teknik Pengumpulan Data 24
3.5.1 Populasi 24
3.5.2 Sampel 24
3.6 Alur Penelitian 25
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA **30**
4.1 Data Penelitian 30
4.2 Pengolahan Data 34
4.2.1 Penentuan Jarak dan Waktu Tempuh Antar Titik 34
4.2.2 Pembentukan Matriks Jarak dan Waktu 35
4.2.3 Penetapan Parameter 36
4.2.4 Algoritma *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* 37
4.2.5 Hasil Optimasi 40

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 45
5.1 Analisis Hasil Optimasi Rute 45
5.1.1 Perbandingan Rute Aktual, Rute Optimasi dengan *Constraint* , dan Rute Optimasi tanpa *Constraint* 45
5.1.2 Analisis Penghematan Jarak dan Waktu 47
5.2 Analisis Rute dan Jarak Pengantaran Usulan 52
5.2.1 Visualisasi dan Analisis Rute Periode Representatif 52
5.2.2 Analisis Efisiensi Rute Usulan 55
BAB VI PENUTUP 57
6.1 Kesimpulan 57
6.2 Saran ..... .58
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Pustaka 10
Tabel 4. 1 Pembagian Wilayah pada Zona yang Diteliti 30
Tabel 4. 2 Data Aktual 31
Tabel 4. 3 *Pseudocode* Jarak dan Waktu 34
Tabel 4. 4 *Pseudocode* Matriks Jarak dan Waktu Tempuh 35
Tabel 4. 5 *Pseudocode* Pengolahan Data Optimasi dengan *Constraint* 39
Tabel 4. 6 Hasil Optimasi dengan Urutan Daerah Pengantaran 40
Tabel 4. 7 Hasil Optimasi dengan Urutan Daerah Pengantaran 42
Tabel 5. 1 Hasil Perbandingan Rute Aktual, Rute Optimasi dengan *Constraint* , dan Rute Optimasi tanpa *Constraint* dalam 28 Periode 45
Tabel 5. 2 Nilai Median dan Periode Representatif pada Optimasi dengan *Constraint* 53
Tabel 5. 3 Nilai Median dan Periode Representatif pada Optimasi tanpa Contraint 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Penyelesaian Permasalahan dalam *Genetic Algorithm* 14
Gambar 2. 2 Grafik Algoritma *Simulated Annealing* 18
Gambar 3. 1 Alur Penelitian 26
Gambar 3. 2 Alur Pengolahan Metode GA 27
Gambar 3. 3 Alur Pengolahan Metode SA 27
Gambar 5. 1 Visualisasi Rute Aktual Periode *Day* 8 Pagi pada Optimasi dengan *Contraint* .. 53
Gambar 5. 2 Visualisasi Rute Optimasi Periode *Day* 8 Pagi pada Optimasi tanpa *Contraint* . 53
Gambar 5. 3 Visualisasi Rute Aktual Periode Day 8 Pagi pada Optimasi dengan Contraint .. 55
Gambar 5. 4 Visualisasi Rute Optimasi Periode Day 8 Pagi pada Optimasi tanpa Contraint . 55

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi informasi yang berkembang semakin pesat, memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang perdagangan (Suparjiman et al., 2024). Kemajuan teknologi dengan adanya perangkat seperti komputer dan *smartphone* yang terhubung dengan jaringan internet, memungkinkan masyarakat melakukan transaksi dengan mudah tanpa adanya batas ruang dan waktu (Permana et al., 2026). Kondisi ini mendorong perubahan pola konsumsi masyarakat dari transaksi konvensional menjadi transaksi digital yang lebih praktis (Mawardah et al., 2026).

Perkembangan teknologi tersebut mendukung pertumbuhan perdagangan elektronik (*e-commerce*). Kemudahan dalam melakukan transaksi pembelian barang secara online mendorong peningkatan pembelian barang pada berbagai *platform digital* (Gaol et al., 2025). Salah satu *platform digital* yang mengalami peningkatan signifikan yaitu Shopee, perusahan ini berada di bawah naungan Sea Limited. Peningkatan jumlah pengguna dan penjualan pada *platform e-commerce* menjadi sektor penting dalam peningkatan perekonomian digital (Asrul, 2025).

Banyaknya transaksi pada *platform e-commerce* berdampak langsung pada peningkatan kebutuhan layanan logistik (Yulianto & Wulandari, 2025). Berdasarkan laporan keuangan dari Sea Limited, jumlah pesanan shopee pada kuartal I tahun 2025 mengalami peningkatan sebesar 20,55% dibandingkan dengan periode yang sama pada tahun sebelumnya. Peningkatan volume transaksi pembelian secara online menuntut perusahaan logistik mengelola proses distribusi secara lebih efektif dan efisien.

Shopee Express (SPX) merupakan layanan logistik milik Shopee yang digunakan untuk mendukung dalam pendistribusian pesanan secara cepat dan efisien. Layanan pengiriman internal ini memiliki peran dalam pengantaran pesanan dari penjual ke customer di berbagai wilayah untuk mendukung kelancaran operasional. Berdasarkan laporan dari IDN Times Tahun 2021 menyebutkan bahwa kurir SPX rata-rata mengantarkan sekitar 80 hingga 100 paket per hari, dan dapat meningkat hingga 150 paket pada periode tertentu seperti tanggal kembar dan tanggal gajian. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan di SPX Selomerto Hub, setiap kurir menangani sekitar 90 hingga 180 paket pengantaran per hari, tergantung pada volume pesanan dan kondisi operasional. Jumlah tersebut dapat meningkat hingga 250 paket

pada periode tertentu seperti promo besar, tanggal kembar, maupun tanggal gajian. Tingginya jumlah paket yang harus didistribusikan dalam satu hari menyebabkan proses pengantaran semakin kompleks, terutama dalam menentukan urutan rute distribusi yang efisien (Rabbani & Tohir, 2025).

Dalam praktiknya, penentuan urutan pengiriman paket di SPX Selomerto Hub masih dilakukan berdasarkan pengalaman dan pengetahuan kurir terhadap wilayah pengirimannya. Kondisi ini menyebabkan rute yang digunakan dapat berbeda antar kurir meskipun memiliki wilayah pengantaran yang sama. Kurir biasanya menentukan rute pengantaran berdasarkan kebiasaan yang telah dilakukan sebelumnya, tingkat pemahaman kondisi jalan, serta perkiraan titik lokasi tujuan yang paling dekat dan mudah dijangkau. Selain itu, setiap kurir memiliki pengalaman, preferensi, dan tingkat penguasaan wilayah yang berbeda-beda sehingga urutan pengantaran yang dilakukan bervariasi.

Kondisi tersebut menjadi kompleks ketika jumlah paket dan titik pengantaran meningkat. Banyaknya lokasi tujuan yang harus dikunjungi menyebabkan banyak alternatif rute yang dapat dipilih oleh kurir. Apabila urutan pengantaran yang dipilih kurang tepat dapat meningkatkan jarak tempuh dan waktu pengiriman. Hal ini dapat menyebabkan menurunnya efisiensi distribusi paket oleh kurir.

Penelitian yang dilakukan oleh (Naufal & Hasibuan, 2025a) membahas permasalahan optimasi rute distribusi barang yang menghasilkan jarak tempuh belum optimal sehingga proses distribusi menjadi kurang efisien. Penyelesaian penelitian ini menggunakan metode *Genetic Algorithm* yang menghasilkan rute distribusi lebih efisien dibandingkan dengan rute awal dengan adanya penurunan total jarak tempuh karena melakukan proses seleksi, *crossover*, dan mutasi secara berulang untuk menghasilkan kombinasi urutan kunjungan yang memiliki nilai *fitness* terbaik. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Santoso et al., 2024) membahas tentang permasalahan penentuan rute distribusi LPG yang menyebabkan waktu distribusi dan jarak tempuh menjadi kurang efisien akibat banyaknya titik pengiriman, yang diselesaikan menggunakan metode *Simulated Annealing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode tersebut mampu menghasilkan urutan distribusi yang lebih baik sehingga jarak tempuh dan waktu pengiriman dapat dikurangi dibandingkan rute awal karena memiliki mekanisme menerima solusi yang lebih buruk pada probabilitas tertentu, sehingga proses pencarian tidak mudah terjebak pada local optimum dan mampu menemukan solusi yang lebih baik. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Gu et al., 2015) distribusi logistik yang melibatkan banyak titik

tujuan sehingga proses penentuan urutan kunjungan menjadi semakin kompleks dan berdampak pada peningkatan jarak tempuh distribusi. Penyelesaiannya permasalahan ini menggunakan metode *hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* berbasis GIS, dengan hasil bahwa kombinasi kedua metode tersebut dapat menghasilkan rute distribusi dengan jarak tempuh yang lebih pendek dan efisiensi jarak yang lebih pendek, dimana GA digunakan untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan rute secara global, sedangkan SA untuk memperbaiki solusi terbaik yang dihasilkan melalui proses pencarian lokal. Selain itu, Integrasi dengan GIS digunakan untuk menyesuaikan posisi geografis sehingga rute yang dihasilkan lebih sesuai dengan kondisi lokasi distribusi.

Penelitian Zheng dan Dong (2023) juga menerapkan *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* dalam bidang strategi pengiriman barang. Penelitian memiliki fokus dalam penentuan strategi pengiriman yang optimal agar proses pengiriman barang dapat dilakukan secara lebih efisien. *Genetic Algorithm* digunakan untuk melakukan pencarian terhadap berbagai alternatif solusi secara global, sedangkan *Simulated Annealing* digunakan untuk melakukan perbaikan terhadap solusi melalui pencarian lokal. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan efisiensi proses distribusi melalui penentuan strategi pengiriman yang lebih optimal. Penelitian yang dilakukan oleh Suanpang et al. (2022) juga mengembangkan *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing*, yang diterapkan pada penjadwalan layanan pariwisata berbasis *smart city*. Permasalahan yang dihadapi berkaitan dengan penentuan kombinasi jadwal layanan yang optimal pada kondisi dengan banyak alternatif solusi. *Genetic Algorithm* digunakan untuk melakukan eksplorasi terhadap ruang solusi secara global, sedangkan *Simulated Annealing* digunakan untuk melakukan pencarian lokal terhadap solusi yang telah diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* dapat menghasilkan solusi penjadwalan yang lebih optimal.

Berdasarkan penelitian tersebut, masing-masing metode memiliki karakteristik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. *Genetic Algorithm* memiliki kemampuan untuk mengeksplorasi ruang solusi secara luas melalui proses seleksi, *crossover*, dan mutasi, tetapi solusi yang dihasilkan masih berpotensi terjebak pada *local optimum*. Sementara *Simulated Annealing* memiliki kemampuan melakukan pencarian lokal dan menerima solusi yang lebih buruk pada probabilitas tertentu sehingga dapat membantu keluar dari kondisi *local optimum*, tetapi proses pencariannya lebih berfokus pada perbaikan suatu

solusi dibandingkan eksplorasi populasi solusi secara luas. Oleh karena itu, integrasi kedua metode tersebut dipilih karena dapat memanfaatkan kemampuan eksplorasi global dari *Genetic Algorithm* dan kemampuan pencarian lokal dari *Simulated Annealing*. Selain itu, pemilihan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* juga mempertimbangkan bentuk permasalahan yang diteliti yaitu berupa penentuan urutan pendistribusian paket pada sejumlah titik pengantaran. Permasalahan tersebut memiliki banyak kemungkinan urutan rute, sehingga pendekatan optimasi diperlukan untuk mencari solusi yang mendekati optimal tanpa harus mengevaluasi seluruh kemungkinan rute secara satu per satu.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada proses pengantaran paket di SPX Selomerto Hub, penelitian ini mengusulkan penerapan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* berbasis *OpenRouteService* sebagai solusi dalam optimasi rute pengantaran paket. Pendekatan tersebut diharapkan mampu menghasilkan urutan pengantaran yang lebih optimal, meminimasi total jarak tempuh dan waktu perjalanan, serta meningkatkan efisiensi operasional pengantaran paket pada SPX Selomerto Hub. Selain itu, penelitian ini melakukan optimasi menggunakan dua skenario yaitu optimasi dengan *constraint* dan optimasi tanpa *constraint*. Pada skenario dengan *constraint*, urutan wilayah pengantaran Dusun Karangsari – Jetis – Kroya – Kalimade – Dermayu – Tanggalan – Remamas – Diwek – Banjaran – Kaliputih – Njlegong dipertahankan, sedangkan pada skenario tanpa *constraint* seluruh titik pengantaran dapat diurutkan secara bebas oleh algoritma. Kedua skenario dibandingkan dengan rute *existing* berdasarkan total jarak dan waktu tempuh untuk mengukur pemendekan rute dan penghematan yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut merupakan rumusan masalah yang digunakan pada penelitian ini:

1. Bagaimana rute dan jarak pengantaran paket saat ini yang digunakan oleh kurir SPX Selomerto Hub?
2. Apa saja parameter *Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* yang digunakan untuk menghasilkan solusi rute pengantaran paket terbaik berdasarkan rute dan jarak tempuh pada kurir SPX Selomerto Hub?
3. Bagaimana rute dan jarak pengantaran paket usulan yang digunakan oleh kurir SPX Selomerto Hub?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, berikut ini tujuan dari penelitian yang dilakukan:

1. Mengetahui rute dan jarak pengantaran paket saat ini yang digunakan oleh kurir SPX Selomerto Hub.
2. Menentukan parameter *Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* yang digunakan untuk menghasilkan solusi rute pengantaran paket terbaik berdasarkan rute dan jarak tempuh pada kurir SPX Selomerto Hub.
3. Menganalisis rute dan jarak pengantaran paket usulan yang digunakan oleh kurir SPX Selomerto Hub.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan beberapa manfaat yang didapatkan dari adanya penelitian ini:

1.4.1 Bagi peneliti

Berikut merupakan manfaat penelitian ini bagi peneliti:

1. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam terkait dengan konsep dan implementasi *Traving Salesman Problem*, khususnya pada aktivitas distribusi logistic last-mile delivery.
2. Penelitian ini dapat melatih kemampuan teknis peneliti dalam mengolah data spasial dan memanfaatkan teknologi berbasis pemetaan digital seperti *OpenRouteService* untuk memperoleh data jarak dan waktu tempuh yang akurat dan relevan dengan kondisi lapangan.
3. Peneliti dapat meningkatkan kemampuan analisis, pemodelan matematis, serta hasil optimasi dalam menghadapi tantangan di bidang logistik dan industry secara umum.

1.4.2 Bagi perusahaan

Berikut merupakan manfaat bagi perusahaan dalam penelitian ini:

1. Penelitian ini menghasilkan suatu pendekatan optimasi rute yang dapat dimanfaat sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan distribusi khususnya pada rute pengantaran paket.
2. Hasil penelitian dapat membantu dalam meningkatkan efektivitas kinerja kurir, karena rute yang dihasilkan lebih terencana dan optimal.
3. Model yang dihasilkan dapat dijadikan sebagai dasar dalam mengembangkan sistem pendukung keputusan karena berbasis teknologi untuk mengelola rute distribusi.

1.4.3 Bagi penelitian selanjutnya

Berikut ini merupakan manfaat yang dapat diambil oleh penelitian selanjutnya:

1. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu referensi dalam pengembangan teori di bidang oprimasi distribusi yang berkaitan dengan penerapan *Traveling Salesman Problem* dalam indutri logistic.
2. Hasil penelitin ini dapat membuka peluang untuk pengembangan model yang lebih kompleks dengan memasukan berbagai variabel tambahan.
3. Penelitian ini dapat menjadi dasar dalam melakukan studi komparatif antara metode *hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* dengan metode optimasi lain, untuk memperoleh hasil yang lebih optimal.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk menghindari perluasan pembahasan yang tidak relevan, penelitian berfokus pada tujuan yang telah ditetapkan, berikut ini merupakan batasan penelitian yang telah ditentukan:

1. Rute pendistribusian paket yang diantarkan dari kurir berangkat hingga kembali ke depot dalam zona wilayah tertentu.
2. Jumlah titik pengantaran sesuai dengan data operasional SPX dalam periode harian, sehingga titik yang digunakan tidak mencangkup skala distribusi yang besar.
3. Data yang digunakan pada satu zona wilayah pengantaran.
4. Optimasi rute berdasarkan jarak dan waktu tempuh, tanpa mempertimbangkan waktu janji temu dengan customer.
5. Data jarak dan waktu tempuh didapatkan melalui *tools OpenRouteService* dengan profil *cycling-regular* dengan kecepatan sebesar 30 km/jam.
6. Model yang dibangun bersifat deterministik dan tidak mempertimbangkan ketidakpastian seperti perubahan Alamat dan kendala operasional di lapangan.
7. Penelitian tidak mencakup implementasi langsung pada sistem operasional SPX secara *real time*.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Terdapat beberapa penelitian yang mengkaji permasalahan optimasi rute distribusi dalam *Traveling Salesman Problem* (TSP) menggunakan metode seperti *Genetic Algorithm* (GA), *Simulated Annealing* (SA), maupun kombinasi dari kedua metode tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Cahyani & Wiradinata (2023) mengembangkan sistem rekomendasi rute *multi-destination* menggunakan metode *Genetic Algorithm* yang diintegrasikan dengan *Google Maps API* untuk memperoleh data jarak dan waktu tempuh antarlokasi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan GA mampu menghasilkan rute yang lebih optimal dibandingkan metode konvensional dalam menentukan urutan perjalanan ke beberapa lokasi tujuan. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Gusti & Insani (2023) yang menerapkan metode *Genetic Algorithm* berbasis *Web GIS* untuk mengoptimasi rute kurir ekspedisi pada J&T. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan GA dapat meningkatkan efisiensi distribusi terutama dari segi jarak tempuh pengiriman, sehingga memperlihatkan bahwa metode tersebut relevan untuk diterapkan pada kegiatan pengantaran barang.

Penelitian yang dilakukan oleh Ihsani et al. (2022) mengimplementasikan *Genetic Algorithm* dalam menentukan rute optimal untuk kurir Kantor Pos Wates berbasis web. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode tersebut mampu menentukan urutan pengiriman yang lebih efisien sehingga dapat meminimalkan jarak tempuh kurir dalam melakukan distribusi paket. Penelitian yang dilakukan oleh Gunawan (2024) mengembangkan *Genetic Algorithm* dengan probabilitas *crossover* dan mutasi adaptif untuk meningkatkan performa algoritma dalam menyelesaikan TSP. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penyesuaian parameter dalam GA dapat meningkatkan kualitas solusi yang dihasilkan sehingga proses pencarian rute menjadi lebih optimal. Penelitian oleh Mutmainah et al. (2025) juga menegaskan bahwa *Genetic Algorithm* merupakan salah satu metode yang efektif dalam menyelesaikan permasalahan TSP pada lingkungan bisnis di Indonesia karena memiliki kemampuan eksplorasi solusi yang luas dalam mencari berbagai alternatif rute.

Selain menggunakan metode *Genetic Algorithm*, metode *Simulated Annealing* juga banyak digunakan dalam menyelesaikan permasalahan TSP. Menurut Silalahi et al. (2022), *Simulated Annealing* dapat digunakan untuk memperoleh solusi TSP yang optimal serta memiliki kemampuan dalam menghindari solusi lokal melalui mekanisme penerimaan solusi berdasarkan

probabilitas tertentu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa SA memiliki kemampuan pencarian lokal yang baik terutama pada permasalahan optimasi dengan jumlah titik yang cukup besar. Penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2025) mengembangkan algoritma *Simulated Annealing* dengan mekanisme *self-escape* yang bertujuan meningkatkan kemampuan algoritma dalam menghindari jebakan *local optimum*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan mekanisme tersebut mampu meningkatkan proses eksploitasi solusi sehingga kualitas rute yang dihasilkan menjadi lebih baik.

Pendekatan *hybrid* banyak digunakan karena mampu menggabungkan kemampuan eksplorasi dan eksploitasi dalam proses pencarian solusi. Penelitian yang dilakukan oleh Suanpang et al. (2022) menggabungkan *Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* dalam penjadwalan layanan pariwisata berbasis *smart city*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *hybrid* mampu menghasilkan solusi yang lebih optimal dibandingkan penggunaan metode tunggal karena GA digunakan untuk mengeksplorasi ruang solusi sedangkan SA digunakan untuk melakukan pencarian lokal terhadap solusi terbaik. Penelitian yang dilakukan oleh Wang et al. (2022) juga mengembangkan algoritma *Hybrid Genetic Simulated Annealing* untuk menyelesaikan permasalahan alokasi tugas *multi-UAV*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode tersebut mampu meningkatkan performa algoritma dalam melakukan pencarian solusi global maupun lokal pada permasalahan optimasi yang kompleks. Zheng & Dong (2023) menerapkan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* pada strategi pengiriman barang. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi GA dan SA mampu meningkatkan efisiensi proses distribusi melalui penentuan strategi pengiriman yang lebih optimal.

Terdapat pula penelitian yang mengembangkan metode optimasi TSP melalui pendekatan lain untuk meningkatkan kualitas solusi. Rahman et al. (2025) mengembangkan *Genetic Algorithm* berbasis *clustering* dalam menyelesaikan TSP dengan jumlah titik yang besar. Pendekatan tersebut bertujuan mengurangi kompleksitas ruang pencarian sebelum proses optimasi dilakukan menggunakan GA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *clustering* dapat membantu meningkatkan efisiensi proses pencarian solusi pada permasalahan TSP yang memiliki banyak titik tujuan.

Dalam bidang distribusi logistik, penelitian oleh Surbakti & Syahmarani (2024) menerapkan *Genetic Algorithm* untuk optimasi rute pendistribusian barang pada perusahaan ekspedisi SiCepat Ekspres. Objek penelitian tersebut memiliki keterkaitan yang cukup kuat

dengan penelitian ini karena sama-sama membahas aktivitas distribusi dan pengantaran barang pada perusahaan jasa ekspedisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan GA mampu meningkatkan efisiensi distribusi melalui pengurangan jarak tempuh pengiriman serta menghasilkan rute yang lebih optimal dibandingkan rute sebelumnya. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Pratama et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan *Genetic Algorithm* pada kasus TSP mampu menghasilkan rute optimal pada perjalanan wisata dengan menentukan urutan kunjungan dari beberapa lokasi tujuan. Meskipun objek penelitian berbeda, penelitian tersebut menunjukkan bahwa GA memiliki fleksibilitas untuk diterapkan dalam berbagai permasalahan optimasi rute, baik pada bidang pariwisata maupun distribusi.

Selain penelitian mengenai metode optimasi, pemanfaatan teknologi *routing* berbasis jaringan jalan juga menjadi bagian penting dalam pengembangan sistem optimasi rute. Penelitian Giri & Vora (2024) membahas penggunaan algoritma *hybrid* dalam optimasi rute dengan perhitungan jarak berdasarkan jaringan jalan (*road-based distance calculation*). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan data jarak berbasis jaringan jalan memberikan representasi rute yang lebih realistis dibandingkan penggunaan jarak geometris secara langsung.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut integrasi metode *Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* banyak digunakan dalam menyelesaikan permasalahan TSP. *Genetic Algorithm* memiliki kelebihan dalam eksplorasi solusi global, sedangkan *Simulated Annealing* memiliki kelebihan dalam menghindari *local optimum*. Dengan adanya integrasi kedua metode tersebut dapat berpotensi menghasilkan solusi yang lebih optimal.

Beberapa penelitian sebelumnya masih memiliki keterbatasan, seperti penggunaan data statis, belum terintegrasi dengan data *real-time*, serta belum diterapkan secara spesifik pada layanan logistik *e-commerce* dengan tingkat kompleksitas tinggi seperti Shopee Express (SPX). Selain itu, penggunaan teknologi berbasis peta digital seperti *OpenRouteService* masih belum banyak digunakan dengan pendekatan *hybrid* GA-SA dalam konteks distribusi paket. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan dengan penggunaan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* berbasis *OpenRouteService* pada studi kasus distribusi paket di SPX. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rute pengantaran yang lebih optimal, berdasarkan jarak dan waktu tempuh, serta memberikan solusi yang mudah diaplikasikan dalam sistem distribusi logistik berbasis teknologi

Tabel 2. 1 Kajian Pustaka

Penulis	Obyek (Industri)			Metode		
	Logistik	**Wisata**	**Sistem Jaringan**	***Genetic Algorithm***	***OpenRoute Service***	***Simulated Annealing***
(Gunawan, 2024)	√			√		
(Pratama et al., 2023)		√		√		
(Gusti & Insani, 2023)	√			√		
(Giri & Vora, 2024)	√			√	√	
(Surbakti & Syahmarani, 2024)	√			√		
(Mutmainah et al., 2025)	√			√	√	
(Suanpang et al., 2022)		√		√		
(Cahyani & Wiradinata, 2023)			√	√		
(M. A. Rahman, 2025)	√					√
(Revanna & Al-Nakash, 2023)	√					√
(Wang et al., 2022)	√			√		√
(Zheng & Dong, 2023)	√			√		√
(Silalahi et al.,	√					√

Penulis	Obyek (Industri)			Metode		
	Logistik	**Wisata**	**Sistem Jaringan**	***Genetic Algorithm***	***OpenRoute Service***	***Simulated Annealing***
2022)						
(M. A. Rahman et al., 2025)	√			√		
(Ihsani et al., 2022)	√			√		
Usulan	√			√	√	√

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Optimasi

Optimasi merupakan proses untuk mendapatkan solusi terbaik dari suatu permasalahan dengan mempertimbangkan berbagai kondisi maupun batasan yang ada dalam permasalahan tersebut. Dalam hal ini, optimasi dilakukan untuk menentukan nilai yang paling optimal melalui proses pencarian Solusi dari berbagai alternatif kemungkinan, dengan tujuan meminimalkan maupun memaksimalkan hasil tertentu sesuai dengan fungsi tujuan yang ditetapkan (M. Rahman, 2025). Tujuan utama dari optimasi adalah memperoleh solusi yang paling efektif sesuai dengan tujuan dan batasan yang telah ditentukan. Semakin kompleks suatu permasalahan dalam bidang ilmiah maupun teknik, maka kebutuhan terhadap metode optimasi juga semakin meningkat untuk menghasilkan solusi yang lebih efisien dan akurat. Pada kondisi tertentu, sering memerlukan proses perhitungan yang kompleks serta waktu komputasi yang cukup besar, sehingga penggunaan algoritma optimasi cerdas menjadi alternatif yang banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang bersifat kompleks (Sadollah et al., 2020).

Optimasi merupakan suatu proses untuk menentukan solusi terbaik dari berbagai alternatif keputusan dengan mempertimbangkan sejumlah batasan yang ada agar tujuan yang diharapkan dapat dicapai secara optimal. Dalam bidang teknik industri, optimasi memiliki peranan penting untuk meminimalkan biaya, waktu, dan jarak tempuh, sekaligus meningkatkan efektivitas serta efisiensi sistem secara keseluruhan. Penerapan metode optimasi pada sistem logistik dan rantai pasok mampu membantu perusahaan dalam meningkatkan efisiensi distribusi dan menekan biaya operasional. Berbagai pendekatan optimasi, baik yang bersifat

matematis maupun heuristik, sudah banyak diterapkan dalam perencanaan produksi, pengelolaan distribusi, serta pemanfaatan sumber *Day*a karena mampu menghasilkan solusi lebih efektif dan efisien terhadap permasalahan yang kompleks (Xu & Song, 2022).

2.2.2 *Travelling Salesman Problem* (TSP)

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan salah satu permasalahan optimasi yang digunakan untuk menemukan rute pendistribusian paling optimal dengan jarak paling minimum untuk pengantaran barang atau jasa (Naufal & Hasibuan, 2025b). Pada permasalahan TSP ini, seorang *salesman* diharuskan untuk mengunjungi sejumlah titik tujuan dan kembali ke titik awal. TSP digunakan untuk membantu menentukan urutan kunjungan yang paling efisien sehingga proses distribusi dilakukan dengan lebih cepat dan optimal (Aryadi, 2025).

Permasalahan TSP mempunyai karakteristik utama seperti perjalanan yang berawalan dan berakhiran pada lokasi yang sama, serta seluruh titik tujuan harus dikunjungi sebelum perdistribusian berakhir. Dengan demikian, tujuan utama dari TSP yaitu meminimalkan total jarak tempuh maupun waktu perjalanan dengan meentukan urutan pendistribusian yang paling optimal dan terstruktur.

2.2.3 Metode *Genetic Algorithm* (GA)

Genetic Algorithm pertama dikembangkan oleh John Holland dari Universitas Michigan pada tahun 1975. John Holland menyatakan bahwa setiap masalah yang terbentuk secara alami atau buatan dapat diformulasikan dalam terminologi genetik. *Genetic Algorithm* berkembang menjadi salah satu metode metaheuristik yang paling banyak digunakan dalam berbagai permasalahan optimasi. Metode ini bekerja dengan mengevolusi populasi solusi secara aktif melalui rangkaian operasi genetik, sehingga kualitas solusi yang dihasilkan cenderung meningkat (Sanjaya, 2024).

Genetic Algorithm merupakan suatu algoritma yang dikembangkan berdasarkan konsep evolusi biologis (Rochmat, 2025). Metode ini mengikuti proses seleksi alam pada makhluk hidup yang memiliki karakterisktik kromosom berberda. Setiap karakteristik dapat mempengaruhi kemampuan individu dalam bertahan hidup dan menghasilkan keturunan atau individu baru. Dalam penerapan metode *Genetic Algorithm* memanfaatkan proses seleksi, *crossover* dan mutasi untuk memperoleh solusi yang optimal secara bertahap. Menurut (Mardia & Sunarto, 2025) terdapat beberapa kondisi utama yang mempengaruhi proses evolusi pada *Genetic Algorithm* sebagai berikut:

1. Kemampuan setiap individu untuk melakukan reproduksi sehingga dapat menghasilkan individu baru.
2. Adanya populasi individu yang dapat berkembang dan mengalami proses resproduksi secraa berkelanjutan.
3. Keberagaman karakterisik dalam populasi yang memungkinkan memunculkan variasi solusi
4. Perbedaan kemampuan setiap individu dalam bertahan hidup atau survive sehingga individu dengan kualitas terbaik memiliki peluang untuk dipertahankan.

Genetic Algorithm memiliki struktur dasar yang terdiri dari beberapa komponen utama dalam proses pencarian solusi optimal, sebagai berikut:

1. Populasi

   Populasi terdiri atas sejumlah kromosom yang merepresentasikan berbagai kemungkinan solusi terhadap suatu permasalahan.
2. Gen

   Gen merupakan elemen dasar penyusun kromosom yang merepresentasikan suatu variabel atau informasi tertentu. Nilai gen dapat berupa bilangan biner, integer, float, maupun karakter sesuai dengan kebutuhan permasalahan yang diselesaikan.
3. Kromosom

   Kromosom merupakan representasi individu dalam suatu populasi yang tersusun atas kumpulan gen. Setiap kromosom menggambarkan satu alternatif solusi yang akan dievaluasi kualitasnya.
4. Generasi Awal

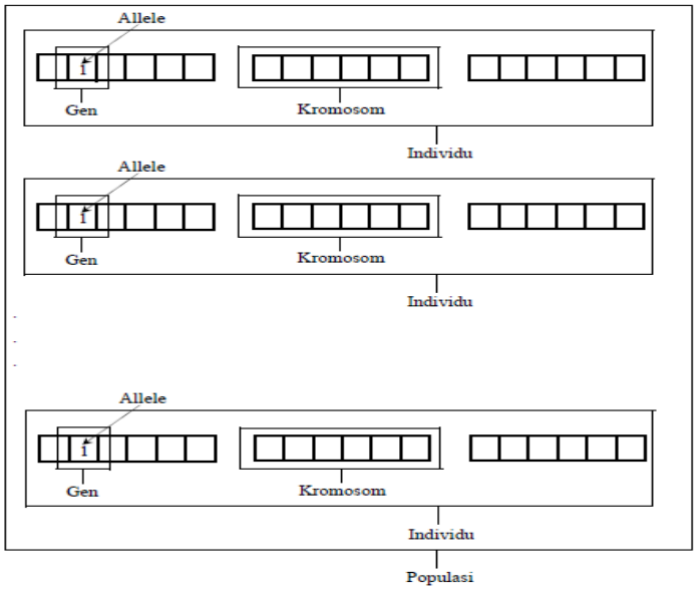
   Generasi Awal didapatkan dari pembangkitan populasi secara acak. Selanjutnya populaso baru dihasilkan melalui proses evolusi yang dilakukan secara berulang pada setiap iterasi algoritma genetik. Setiap siklus iterasi tersebut disebut sebagai generasi.
5. Fungsi *Fitness*

   Fungsi *Fitness* digunakan sebagai alat evaluasi untuk mengukur tingkat kualitas setiap kromosom dalam populasi. Nilai *fitness* menunjukkan seberapa baik suatu solusi dalam memenuhi tujuan optimasi.
6. *Offspring* (Keturunan)

   Offspring merupakan kromosom baru yang dihasilkan dari proses penggabungan dua kromosom induk (parent) menggunakan operator *crossover* atau penyilangan. Proses ini

memiliki tujuan untuk mengkasilkan solusi baru yang memiliki kualitas lebih baik dari generasi sebelumnya.

Berikut ini merupakan ilustrasi perbedaan antara istilah-istilah dalam representasi penyelesaian permasalahan dalam GA:



Gambar 2. 1 Ilustrasi Penyelesaian Permasalahan dalam *Genetic Algorithm*

Sumber: (Belluano, 2016)

Berikut ini merupakan beberapa komponen-komponen utama yang dimiliki Metode *Genetic Algorithm*:

1. Teknik Pengkodean : untuk merepresentasikan gen dan kromosom. Gen merupakan bagian penyusun kromosom yang biasanya mewakili satu variabel tertentu. Gen dapat direpresentasikan dalam berbagai bentuk, seperti bilangan biner, bilangan *real*, daftar aturan, elemen permutasi, maupun bentuk representasi lainnya yang dapat diterapkan pada operator genetika.
2. Metode Seleksi dengan *Roulette Wheel* : untuk memberikan peluang lebih besar kepada individu dengan nilai *fitness* terbaik agar dapat terpilih sebagai induk pada generasi berikutnya. Pada awal tahap ini adalah menghitung nilai *fitness* setiap kromosom dalam populasi. Dimana nilai *fitness* tersebut digunakan untuk menentukan probabilitas reproduksi masing-masing individu. Semakin besar nilai *fitness* suatu kromosom, maka peluang kromosom tersebut untuk terpilih akan semakin besar. Metode *roulette wheel* bekerja dengan memetakan seluruh individu ke dalam segmen garis berdasarkan proporsi nilai *fitness*nya, kemudian pemilihan Solusi dilakukan secara random sesuai dengan probabilitas tersebut.

Perhitungan fungsi *fitness* yang dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$Fitness = Total\ Jarak$$

Perhitungan probabilitas tiap kromosom yang dihitung menggunakan inverse berikut ini:

$$Q[i] = \frac{1}{Fitness\ [1]}$$

Perhitungan probabilitas setiap kromosom dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$P[i] = \frac{Q[1]}{Total\ Q}$$

3. *Crossover* atau penyilangan : proses penggabungan dua kromosom induk untuk menghasilkan kromosom baru (*offspring*), proses ini bertujuan menghasilkan solusi baru yang diharapkan lebih baik dibandingkan solusi sebelumnya. Terdapat beberapa cara untuk melakukan crossover pada metode *genetic algorithm* yaitu sebagai berikut:
   a. Penyilangan satu titik (*Single point crossover*)

      Single point crossover merupakan metode penyilangan yang dilakukan dengan menentukan titik potong secara random pada kromosom. Posisi titik penyilangan k dipilih secara random dengan ketentuan k = 1, 2,..., N – 1, dimana N = panjang kromosom yang diseleksi secara random. Setelah titik crossover ditentukan, bagian gen setelah titik tersebut akan dipertukarkan antar induk sehingga menghasilkan kromosom baru atau offspring.
   b. Penyilangan banyak titik (*Multi point crossover*)

      Multi point crossover merupakan metode penyilangan yang menggunakan lebih dari satu titik potong pada kromosom. Beberapa posisi crossover dipilih secara random dan tidak boleh berada pada titik yang sama. Selanjutnya, gen antar kromosom induk dipertukarkan pada titik-titik tersebut untuk menghasilkan offspring baru. Metode ini memungkinkan kombinasi gen yang lebih beragam dibandingkan single point crossover karena proses pertukaran dilakukan pada beberapa bagian kromosom sekaligus.
   c. Penyilangan seragam (*Uniform Crossover*)

      Uniform crossover merupakan teknik penyilangan yang setiap posisi gen memiliki peluang yang sama untuk ditukar. Pada metode ini digunakan sebuah *mask bit* (angka 1 dan 0) yang dibangkitkan secara random sepanjang kromosom. Jika nilai mask bernilai 1 maka gen pada *offspring* diambil dari induk pertama, sedangkan jika bernilai 0 maka gen diambil dari induk kedua, sedangkan *Offspring* kedua diperoleh dari kebalikan pola mask tersebut. Teknik ini menghasilkan kombinasi gen yang lebih acak dan fleksibel.

d. Penyilangan dengan permutasi (*Permutation Crossover*)

Permutation *crossover* merupakan metode yang digunakan pada permasalahan berbasis urutan atau permutasi. Pada metode ini, offspring dibentuk dengan mempertahankan urutan gen tertentu dari salah satu induk, kemudian melengkapi gen lainnya berdasarkan urutan dari induk kedua. Teknik ini menjaga tidak terjadinya pengulangan elemen dalam kromosom sehingga cocok digunakan pada permasalahan optimasi rute.

4. Mutasi : proses perubahan gen pada kromosom yang dilakukan setelah proses *crossover*, yang bertujuan untuk menjaga keberagaman populasi dan menghindari terjebaknya algoritma pada solusi lokal optimum. Proses mutasi dilakukan dengan memilih kromosom dan posisi gen secara random untuk dimodifikasi. Hasil mutasi tidak selalu menjadi solusi yang lebih baik, tetapi dapat memunculkan kombinasi kromosom baru yang sebelumnya belum ada dalam populasi. Jumlah kromosom yang mengalami mutasi ditentukan oleh parameter *mutation rate* (Pm). Nilai mutation rate menunjukkan persentase total gen dalam populasi yang akan dimutasi.

   Total jumlah gen dalam populasi dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$Jumlah\ Total\ Gen = Jumlah\ gen\ dalam\ 1\ kromosom\ x\ jumlah\ kromosom$$

Berikut ini merupakan alur pengolahan data menggunakan metode *Genetic Algorithm* menurut (Sivanandam & Deepa, 2008):

1. *Generate Initial Population*, membangkitkan populasi awal yang terdiri atas sejumlah kromosom secara acak. Setiap kromosom merepresentasikan satu solusi kandidat terhadap permasalahan yang akan diselesaikan.
2. *Compute Fitness*, kromosom pada populasi awal dievaluasi menggunakan fungsi fitness untuk mengetahui kualitas solusi yang dihasilkan. Nilai *fitness* menunjukkan tingkat kelayakan setiap kromosom dalam menyelesaikan permasalahan optimasi. Hasil evaluasi fitness selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam proses pembentukan populasi baru.
3. *New Population*, membentuk populasi baru yang dilakukan secara berulang hingga jumlah kromosom yang dihasilkan sesuai dengan ukuran populasi yang telah ditentukan.
   a. *Selection*, proses memilih dua kromosom sebagai parent yang akan digunakan pada proses crossover. Menggunakan metode *Roulette Wheel Selection* yaitu seleksi dengan memberikan peluang kepada setiap kromosom untuk terpilih berdasarkan nilai fitness yang dimilikinya. Probabilitas pemilihan dihitung dari perbandingan nilai fitness

masing-masing kromosom terhadap total *fitness* seluruh populasi. Semakin besar nilai *fitness* suatu kromosom, maka semakin peluang kromosom dipilih sebagai parent.

b. *Crossover*, menghasilkan kromosom baru (*offspring*) dengan mengombinasikan informasi dari dua parent yang telah dipilih. Menggunakan metode *Partially Mapped Crossover* (PMX) untuk permasalahan optimasi rute yang menggunakan representasi kromosom berbentuk permutasi. PMX dilakukan dengan menentukan dua titik *crossover*, kemudian menukar segmen gen dari kedua parent. Selanjutnya dilakukan proses pemetaan (*mapping*) untuk mengisi gen yang belum terisi sehingga setiap lokasi pengantaran tetap muncul satu kali dalam kromosom.

c. *Mutation*, perubahan secara acak pada *offspring* yang dihasilkan dari proses crossover. Metode *Swap Mutation* dengan menukar posisi dua gen yang dipilih secara acak dalam satu kromosom. Proses mutation dilakukan berdasarkan probabilitas mutasi (*mutation probability*) yang telah ditentukan. Tujuan tahap ini untuk menambah variasi solusi, meningkatkan kemampuan eksplorasi algoritma, serta mengurangi kemungkinan algoritma terjebak pada solusi optimum lokal (*local optimum*).

d. *Accepting*, memasukkan *offspring* hasil dari proses *crossover* dan mutation ke dalam populasi baru. *Offspring* yang memenuhi representasi kromosom akan menjadi anggota populasi pada generasi berikutnya.

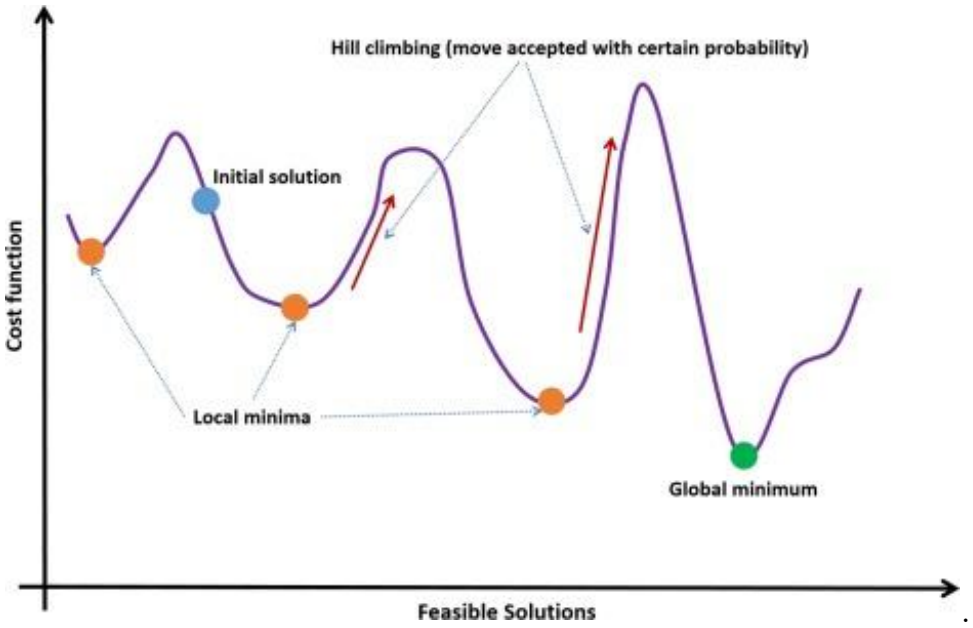
4. *Replace*, menggantikan populasi lama dengan populasi baru yang telah dibentuk pada tahap sebelumnya. Tahap ini dilakukan dengan strategi *elitisme* yaitu mempertahankan satu kromosom terbaik dari populasi sebelumnya (*N_{ELITE} = 1*) agar solusi terbaik yang telah diperoleh tidak hilang selama proses evolusi.
5. *Test*, untuk mengevaluasi apakah kondisi penghentian algoritma telah terpenuhi. Test dapat ditentukan berdasarkan jumlah generasi maksimum.
6. *Loop*, pengulangan apabila jumlah generasi yang diproses belum mencapai batas yang ditentukan, maka populasi hasil *Replace* digunakan sebagai generasi berikutnya dan kembali ke tahap *compute fitness*.

2.2.4 Metode *Simulated Annealing* (SA)

Simulated Annealing (SA) merupakan algoritma optimasi berbasis oleh pencarian lokal (*local search*) yang terinspirasi dari proses annealing pada material logam. Metode ini bekerja dengan melakukan pencarian Solusi secara bertahap menggunakan satu Solusi pada setiap iterasi. Dalam prosesnya, algoritma *Simulated Annealing* memungkinkan penerimaan solusi yang lebih

buruk berdasarkan probabilitas tertentu, terutama pada kondisi temperatur yang masih tinggi. Mekanisme tersebut bertujuan untuk menghindari jebakan pada solusi optimum lokal (*local optimum*) sehingga algoritma memiliki peluang lebih besar untuk menemukan solusi global yang lebih optimal (Firmansyah et al., 2026).

Algoritma *Simulated Annealing* (SA) merupakan metode optimasi berbasis probabilistik yang terinspirasi dari proses *annealing* dalam bidang metalurgi. Proses tersebut dilakukan dengan memanaskan suatu material pada suhu tinggi, kemudian mendinginkannya secara perlahan hingga diperoleh struktur kristal yang lebih stabil dengan tingkat energi yang lebih rendah. Konsep tersebut diadaptasi ke dalam algoritma optimasi, di mana *Simulated Annealing* bekerja dengan melakukan pencarian solusi secara bertahap untuk memperoleh solusi yang lebih optimal melalui mekanisme eksplorasi dan penyesuaian solusi selama proses iterasi berlangsung (Anshari et al., 2024)



Gambar 2. 2 Grafik Algoritma *Simulated Annealing*

Sumber: (Blocho, 2020)

Simulated Annealing (SA) memiliki keunggulan dalam kemudahan implementasi serta kemampuan menghasilkan solusi awal yang cukup baik dalam waktu yang relatif cepat. Meskipun kemampuan eksplorasi ruang solusi pada metode ini tidak seluas *Genetic Algorithm*, *Simulated Annealing* tetap efektif digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi rute dengan tingkat kompleksitas menengah (Agita et al., 2025). Menurut (Tospornsampan et al., 2007), *Simulated Annealing* memiliki tiga komponen utama sebagai berikut ini:

1. Proses *Annealing*

   Proses ini memiliki beberapa parameter yang dapat mempengaruhi keputusan algoritma SA, yaitu sebagai berikut:

   a. Suhu Awal (H_0) ditentukan pada nilai yang cukup tinggi agar solusi baru dapat diterima dengan lebih luas.

   b. Jumlah Iterasi pada Tiap Suhu

      Pada setiap tingkat suhu, algoritma akan menjalankan sejumlah iterasi tertentu yang disebut dengan L_t. Setelah jumlah iterasi tercapai, maka nilai suhu akan diturunkan ke tingkat berikutnya. Nilai L_t dapat ditentukan secara konstan maupun disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan.

   c. Penurunan Suhu

      Setelah iterasi selesai, suhu akan dikurangi berdasarkan parameter α yang dikenal sebagai cooling rate, dengan rentang nilai antara 0 dan 1. Menurut … nilai α yang direkomendasikan berada pada kisaran 0,8 sampai 0,99. Proses penurunan suhu tersebut dinyatakan menggunakan persamaan berikut, dimana nilai H_t sebagai suhu pada iterasi ke-*t* dan H_{t-1} merupakan subu pada iterasi sebelumnya.

$$H_t = \alpha\, H_{t-1}$$

2. Penyusunan Ulang Solusi

   Proses ini dilakukan untuk mengubah solusi menjadi Solusi baru yang lebih optimal dengan menggunakan metode pengacakan. Cara penyusunan ulang solusi memiliki beberapa variasi sesuai dengan jenis permasalahan yang akan diselesaikan.

3. Kriteria Penghentian

   Diperlukan kritera penghentian yang sudah ditetapkan sejak awal agar akgoritma tidak berjalan tanpa batas. Penghentian dapat terjadi Ketika jumlah iterasi yang digunakan telah mencapai batas tertentu tanpa menemukan Solusi baru yang lebih optimal atau Ketika suhu telah mencapai titik minimum yang ditentukan.

Berikut ini merupakan alur pengolahan data menggunakan metode *Simulated Annealing* menurut (Laarhoven & Aarts, 1987):

1. *Initialize*, menentukan solusi awal yang dipilih sebagai titik awal pencarian, parameter kontrol (temperatur), dan variabel yang digunakan selama proses optimasi.

2. *Perturb*, solusi baru dibangkitkan dari solusi saat ini dengan solusi tetangga (*neighbor solution*), serta melakukan perhitungan perubahan nilai biaya (ΔC) antara Solusi baru dan solusi saat ini.
3. *Acceptamce Criterion*, dilakukan perhitungan sebelum Solusi saat ini diperbarui (update) dengan perbandingan hasil ΔC. Apabila nilai ΔC > 0, solusi baru masih dapat diterima berdasarkan probabilitas Metropolis dengan membandingkan $e^{-\Delta C/T}$ terhadap bilangan acak.
4. *Equilibrium,* proses membangkitkan dolusi baru serta pengujian penerimaan berulang hingga *equilibrium* tercapai pada temperature yang ditentukan.
5. *Cooling,* parameter kontrol (temperatur) diturunkan menggunakan fungsi pendinginan (*cooling schedule*), kemudian proses dilanjutkan pada temperatur berikutnya
6. *Stop Criterion*, mengulangi tahap *perturb* sampai *cooling* hingga memenuhi kriteria penghentian (*stop criterion*), yaitu ketika sistem telah mencapai kondisi *frozen*. Solusi akhir yang diperoleh pada kondisi tersebut dinyatakan sebagai hasil optimasi.

2.2.5 *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing*

Penerapan metode *hybrid* antara metode *Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* dilakukan untuk saling melengkapi kelebihan dan kekurangan dari masing-masing algoritma. *Genetic Algorithm* memiliki kelemahan berupa *premature convergence*, yaitu kondisi ketika proses evolusi menghasilkan solusi yang cenderung berhenti pada solusi tertentu sehingga operator genetika yang digunakan tidak mampu menghasilkan individu baru yang lebih baik dari solusi sebelumnya. Sementara itu, *Simulated Annealing* memiliki keterbatasan karena hanya bekerja menggunakan satu solusi pada setiap proses iterasi. Dengan penggabungan kedua metode tersebut, kelemahan masing-masing algoritma diharapkan dapat diminimalkan (Anggarsari et al., 2017). *Simulated Annealing* memiliki kemampuan dalam mengendalikan proses penurunan temperatur sehingga dapat membantu algoritma keluar dari jebakan *local optimum* (Sofianti, 2004). Sedangkan, *Genetic Algorithm* mampu melakukan proses seleksi terhadap individu terbaik berdasarkan nilai *fitness* tertinggi, baik dari populasi awal maupun individu hasil evolusi, sehingga proses pencarian solusi dapat berlangsung lebih optimal.

2.2.6 *OpenRouteService* (ORS)

OpenRouteService (ORS) merupakan salah satu platform *open-source* yang dapat dimanfaatkan dalam permasalahan perencanaan rute. ORS menggunakan data jaringan jalan dari *OpenStreetMap* untuk menyediakan informasi rute, jarak, dan waktu tempuh antar lokasi serta mendukung perhitungan rute dengan banyak titik tujuan (Ary, 2025). ORS menyediakan

layanan berbasis API spasial yang memungkinkan pemodelan dan perhitungan rute berdasarkan jaringan jalan, sehingga dapat diintegrasikan dengan sistem yang membutuhkan informasi perjalanan, termasuk pada bidang logistik (Chen & Kalra, 2021).

Penelitian (Ludwig et al., 2023) menjelaskan bahwa *OpenRouteService* merupakan *open-source routing service* yang menggunakan data *OpenStreetMap* sebagai sumber jaringan jalan dan menyediakan layanan *route planning*, matriks jarak dan waktu tempuh, serta layanan geospasial lainnya untuk berbagai profil perjalanan. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa informasi kecepatan perjalanan dapat diintegrasikan ke dalam *OpenRouteService* untuk meningkatkan estimasi waktu tempuh dalam proses perencanaan rute.

Salah satu layanan yang digunakan dalam penelitian optimasi rute yaitu *Time-Distance Matrix*. Layanan tersebut memungkinkan perhitungan jarak dan waktu tempuh antara sejumlah titik asal (*origins*) dan titik tujuan (*destinations*) secara sekaligus. Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk matriks yang menunjukkan nilai jarak dan durasi perjalanan antartitik berdasarkan jaringan jalan. Matriks tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam permasalahan routing, termasuk *Traveling Salesman Problem* (TSP), karena menyediakan informasi biaya perjalanan antar pasangan titik yang diperlukan dalam proses pencarian rute. *OpenRouteService* digunakan sebagai penyedia informasi biaya perjalanan berbasis jaringan jalan, sedangkan proses pencarian urutan kunjungan yang optimal dilakukan menggunakan algoritma optimasi yang dikembangkan dalam penelitian.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek yang digunakan pada penelitian ini merupakan rute pengantaran paket pada SPX Selomerto Hub yang mencakup urutan titik pengantaran, jarak tempuh, dan waktu perjalanan antar lokasi pengiriman.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu kurir pengantaran paket yang bertugas pada wilayah Desa Sumberwulan, Desa Karangrejo, dan Desa Kaliputih pada ekspedisi SPX Selomerto Hub.

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan suatu alat bantu yang digunakan untuk mempermudah dalam proses pengumpulan, pengolahan, dan analisi data. Berikut merupakan instrument penelitian yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Data Pengantaran Paket yang digunakan sebagai input utama dalam proses optimasi rute. Data yang digunakan yaitu lokasi depot SPX Selomerto Hub, titik pengantaran, koordinat geografis setiap titik pengantaran, jumlah titik pengantaran, rute aktual kurir, jumlah paket yang didistribusikan, serta data jarak dan waktu tempuh antar lokasi pengantaran. Data tersebut diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara dengan kurir dan pihak SPX, dan penggunaan *Open Route Service*.
2. *Google Maps* digunakan untuk memperoleh koordinat latitude dan longitude rute pengantaran pada saat observasi secara langsung.
3. *OpenRouteService (ORS)* digunakan untuk memperoleh informasi jarak dan waktu tempuh antar titik pengantaran berdasarkan jaringan jalan. Koordinat latitude dan longitude setiap titik digunakan sebagai input untuk memperoleh jarak dan waktu tempuh antarpasangan titik. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya digunakan untuk membentuk matriks jarak dan matriks waktu tempuh yang menjadi input dalam proses optimasi rute menggunakan *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing.*

4. *Spreadsheet* digunakan untuk memperoleh hasil jarak dan waktu dari koordinat latitude dan longitude. Jarak dan waktu tempuh diperoleh dengan memasukkan *script* pada tools *App Script* di *Spreadsheet*
5. *Python* digunakan untuk melakukan pengolahan data, membangun model optimasi, menghitung nilai fitness, menjalankan proses seleksi, *crossover,* mutasi, proses pencarian lokal *Simulated Annealing*, serta menghasilkan rute pengantaran yang paling optimal.
6. *Microsoft Excel* digunakan untuk membantu menyimpan data penelitian seperti data titik pengantaran, koordinat lokasi, matriks jarak, matriks waktu tempuh, dan hasil optimasi untuk memudahkan analisis dan validasi hasil penelitian.

3.4 Data Primer dan Sekunder

Teknik pengumpulan data merupakan suatu metode atau prosedur yang dilakukan secara sistematis oleh peneliti untuk memperoleh informasi, fakta, maupun data yang berkaitan dengan tujuan penelitian. Teknik ini digunakan untuk memperoleh informasi dari objek penelitian melalui berbagai cara, seperti observasi, wawancara, kuesioner, maupun sumber data lainnya (Leedy & Ormrod, 2015). Dalam melakukan analisis permasalahan secara tepat, peneliti menggunakan beberapa metode dalam pengumpulan data sebagai dasar penyusunan penelitian. Proses pengumpulan data tersebut menjadi tahapan awal yang penting bagi peneliti untuk memperoleh gambaran dan pemahaman secara langsung mengenai kondisi serta situasi yang sedang diteliti. Berikut ini merupakan beberapa metode yang digunakan untuk melakukan pengumpulan data dalam penelitian ini:

1. Observasi merupakan suatu aktivitas pengamatan yang dilakukan secara langsung di lokasi penelitian. Observasi digunakan untuk memahami aktivitas pengantaran paket yang dilakukan oleh kurir dalam 1 rute pengantaran.
2. Wawancara merupakan suatu pengambilan data yang dilakukan dengan mengajukan beberapa pertanyaan secara langsung kepada narasumber yaitu kurir paket yang sesuai dengan permasalahan yang diteliti. Wawancara digunakan untuk menggali dan mendapatkan informasi dalam penentuan rute pengantaran paket dari titik awal ke titik akhir.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

3.5.1 Populasi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), populasi merupakan keseluruhan individu atau penduduk yang berada pada suatu wilayah tertentu dan memiliki karakteristik yang serupa. Selain itu, populasi juga mencakup seluruh penghuni, baik manusia maupun makhluk hidup lainnya, dalam suatu wilayah tertentu. Dalam konteks penelitian, populasi merupakan kumpulan individu, objek, atau unsur yang memenuhi kriteria tertentu dan menjadi sumber dalam proses pengambilan sampel serta pengumpulan data yang berkaitan dengan permasalahan penelitian (Mushofa et al., 2024). Menurut (Creswell & Creswell, 2017) populasi merupakan keseluruhan dari individu yang memiliki karakteristik-katarkteristik tertentu dalam suatu penelitian. Konsep populasi menekankan pada pentingnya memperhatikan tiga unsur utama, yaitu subjek penelitian, objek penelitian, serta lokasi penelitian sebagai dasar dalam proses pengumpulan data. Dalam penelitian optimasi rute pengantaran paket, populasi yang digunakan berupa seluruh titik pengantaran pada wilayah distribusi yang menjadi objek penelitian. Pada penelitian ini, populasi terdiri dari seluruh titik pengantaran paket yang berada pada salah satu zona wilayah distribusi SPX Selomerto Hub yang mencakup tiga desa, yaitu Desa Sumberwulan, Desa Karangrejo, dan Desa Kaliputih. Wilayah tersebut terdiri beberapa dusun yaitu Desa Sumberwulan (Karangsari, Jetis, Kroya, dan Kroya Baru), Desa Karangrejo (Kalimade, Demayu, Tanggalan, dan Remamas), serta Desa Kaliputih (Diwek, Banjaran, Kaliputih, dan Jlegong).

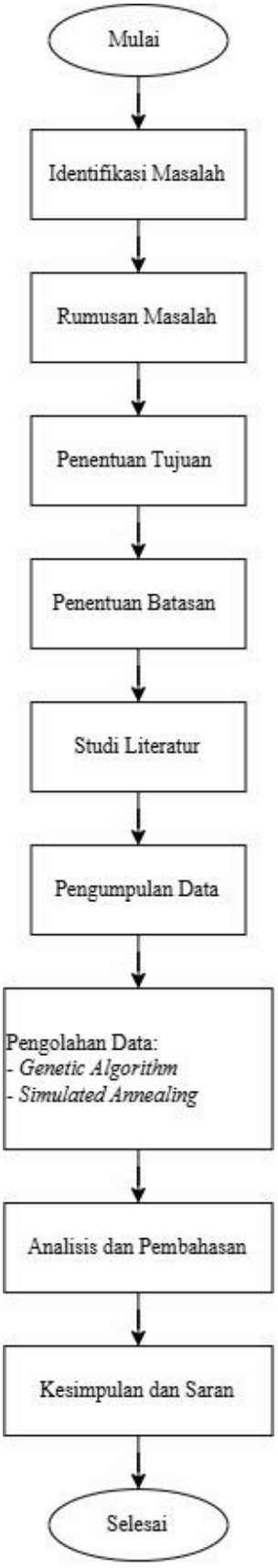
3.5.2 Sampel

Sampel merupakan sebagian anggota dari populasi yang dipilih secara sengaja oleh peneliti untuk diteliti dan diamati. Jumlah sampel lebih kecil dibandingkan dengan populasi, namun diharapkan mampu merepresentasikan karakteristik populasi secara keseluruhan. Dalam penelitian, pengambilan sampel dilakukan melalui suatu prosedur tertentu dengan memilih sebagian elemen populasi yang dianggap dapat menggambarkan sifat, karakteristik, atau kondisi yang menjadi fokus penelitian, sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai populasi yang diteliti (Sugiyono, 2010). Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain titik lokasi pelanggan yang menerima paket, koordinat geografis setiap lokasi pengantaran, lokasi titik keberangkatan kurir, jarak antar titik pengantaran, waktu tempuh antar titik pengantaran, rute yang digunakan kurir, dan jumlah titik pengantaran pada setiap hari. Koordinat lokasi pelanggan diperoleh sesuai dengan titik yang ada di *Google Maps*,

sedangkan data jarak dan waktu tempuh antar titik diperoleh dengan *OpenRouteService*. Dengan sampel yang digunakan berupa data aktivitas pengantaran paket selama 14 hari pengamatan pada satu zona distribusi SPX Selomerto Hub. Dalam satu hari, aktivitas pendistribusian paket terbagi menjadi dua periode pengantaran, yaitu periode pagi dan periode siang. Terdapat sekitar 70–120 titik pengantaran setiap hari pada zona wilayah pengantaran tersebut, sehingga total sampel berkisar 980–1.680 titik pengantaran. Pengambilan sampel dilakukan selama 14 hari karena periode tersebut dianggap telah mewakili variasi aktivitas operasional pengantaran paket pada hari biasa maupun tanggal kembar, sehingga dapat menggambarkan kondisi distribusi secara representatif. Seluruh data tersebut akan digunakan dalam proses optimasi menggunakan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* untuk menghasilkan rute pengantaran dengan jarak tempuh minimum.

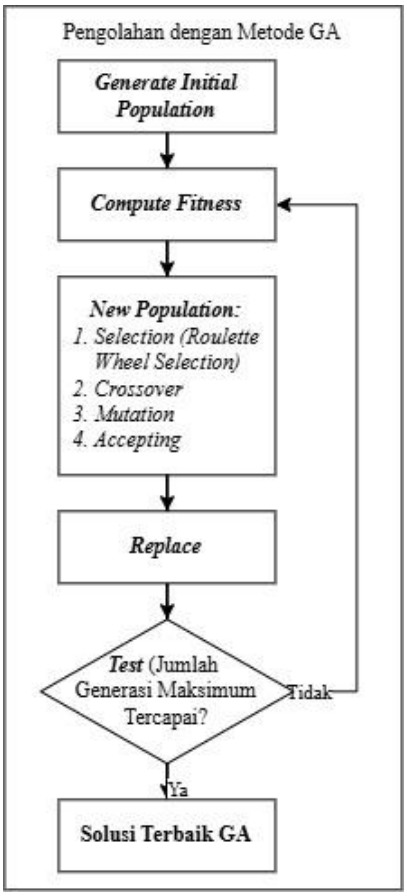
3.6 Alur Penelitian

Alur penelitian merupakan rangkaian tahapan yang dilakukan secara sistematis untuk mencapai tujuan dengan tepat, akurat, dan valid. Berikut ini merupakan alur yang disajikan dalam bentuk *flowchart* untuk menggambarkan langkah-langkah pada penelitian ini:

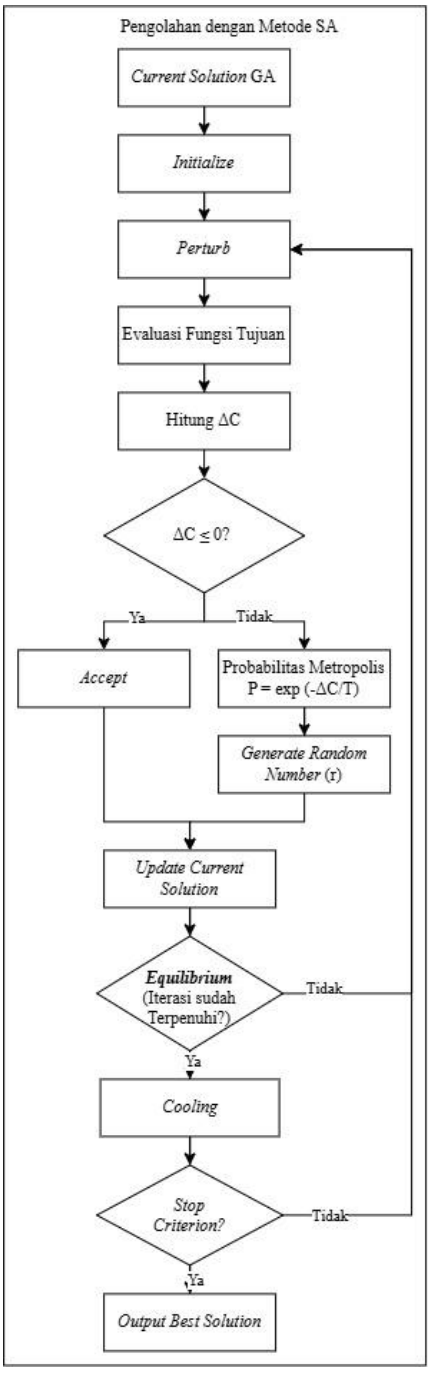


Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut ini merupakan alur pengolahan data Metode *Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing*:



Gambar 3. 2 Alur Pengolahan Metode GA



Gambar 3. 3 Alur Pengolahan Metode SA

Berikut ini merupakan penjelasan dari langkah-langkah atau alur penelitian pada di atas:

1. Mulai

   Penelitian ini dimulai dengan melakukan penentuan topik yang akan diteliti. Pada penelitian ini berkaitan dengan permasalahan optimasi rute pengantaran paket di ekspedisi

Shopee Express. Tahap ini memiliki fungsi untuk perancangan penelitian, menentukan metode yang akan digunakan, serta proses penelitian agar sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

2. Identifikasi Masalah

   Tahap awal penelitian yaitu melakukan identifikasi masalah, dimana pada penelitian ini mengidentifikasi masalah pada pengantaran paket di ekspedisi Shopee Express selomerto Hub. Identifikasi masalah dilakukan dengan observasi dan wawancara langsung dengan pihak SPX untuk mengetahui kondisi aktual pada proses pengantaran paket.

3. Rumusan Masalah

   Setelah mengidentifikasi masalah, tahap selanjutnya yaitu menyusun rumusan masalah secara terarah. Perumusan masalah bertujuan untuk menentukan fokus penelitian yang akan dianalisis sehingga penelitian yang dilakukan sesuai dengan tujuan yang ditetapkan.

4. Penentuan Tujuan

   Pada tahap ini menentukan tujuan utama penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun.

5. Penentuan Batasan

   Tahap ini menetapkan ruang lingkup penelitian agar pembahasan pada penelitian tetap terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan.

6. Studi Literatur

   Pada tahap studi literatur dilakukan mengumpulkan dan mempelajari referensi yang relevan serta berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Referensi tersebut didapatkan dari buku, jurnal ilmiah, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan optimasi rute distribusi, *Traveling Salesman Problem* (TSP), *Genetic Algorithm, Simulated Annealing,* dan *tools OpenRouteService*.

7. Pengumpulan Data

   Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sebagai input proses optimasi. Data yang dikumpulkan yaitu titik lokasi pelanggan yang menerima paket, koordinat geografis setiap lokasi pengantaran, lokasi titik keberangkatan kurir, dan rute yang digunakan kurir. Data titik pengantaran didapatkan dengan menggunakan *Google Maps* pada *handphone* saat melakukan observasi langsung dengan mengikuti kurir dalam pendistribusikan paket. Titik lokasi pada *Google Maps* diubah menjadi titik bujur dan lintang.

8. Pengolahan Data dengan *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing*

   Tahap ini data diawali dengan melakukan pencarian jarak dan waktu tempuh antar titik menggunakan geocoding berbasis *OpenRouteService* dengan *Apps Script* pada *Spreadsheet*. Setelahnya data tersebut digunakan untuk membangun matriks jarak dan waktu untuk penentuan rute. Selanjutnya data dilakukan pengolahan yang diawali dengan metode *Genetic Algorithm* dengan membangkitkan populasi awal, kemudian melakukan proses seleksi, crossover, mutasi, dan evaluasi fitness secara berulang untuk menghasilkan solusi rute terbaik secara global berdasarkan total jarak tempuh.Setelah didapatkan hasil terbaik menggunakan metode *Genetic Algorithm*, metode *Simulated Annealing* digunakan untuk menyempurnakan solusi terbaik yang diawali pencarian lokal (*local search*) dengan membangkitkan *neighbor solution*, mengevaluasi solusi berdasarkan total jarak tempuh, serta menerapkan mekanisme penurunan suhu (*cooling schedule*) hingga diperoleh solusi rute yang lebih optimal. Pengolahan data ini menggunakan dua scenario optimasi yaitu optimasi rute dengan *constraint* dan optimasi rute tanpa *constraint*.

9. Analisis dan Pembahasan

   Tahap analisis dilakukan perbandingan antara rute aktual yang digunakan kurir dengan rute hasil optimasi. Analisis dilakukan dengan membandingan total jarak tempuh, waktu tempuh, dan tingkat efisiensi yang diperoleh. Hasil analisis digunakan untuk mengetahui tingkat efektivitas dengan penggunaan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* dalam menyelesaikan permasalahan optimasi rute pengantaran paket.

10. Kesimpulan dan Saran

    Tahap ini merupakan tahap akhir dalam penelitian yang mengambil kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan dihasilkan untuk menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian. Selain itu, pemberian saran yang digunakan sebagai rekomendasi bagi SPX maupun penelitian selanjutnya terkait pengembangan metode optimasi rute distribusi paket.

11. Selesai

    Tahap ini digunakan untuk menandai berakhirnya seluruh proses penelitian yang dilakukan.

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Data Penelitian

Data yang digunakan berupa data rute pendistribusian paket aktual selama 14 hari pengamatan, dengan mempertimbangkan kecukupan variasi data dan efisiensi pengolahan. Kegiatan pendistribusian paket di SPX dalam satu hari terbagi menjadi dua periode pengantaran, yaitu periode pagi dan periode siang. Pada periode pagi, loading paket di depot, kemudian melakukan pemertaan paket yang dibawa, memulai kegiatan pengantaran pada sekitar pukul 08.00 hingga seluruh paket yang dibawa pada periode tersebut selesai didistribusikan. Setelah menyelesaikan pengantaran periode pagi, kurir kembali ke depot untuk melakukan proses loading paket berikutnya yang akan didistribusikan pada periode siang. Pengantaran pada periode siang dimulai sekitar pukul 13.00 dan dilanjutkan hingga seluruh paket yang dibawa pada periode tersebut selesai didistribusikan. Setiap periode pengantaran menghasilkan satu rute distribusi karena memiliki proses loading dan urutan pendistribusian paket yang berbeda.

Berdasarkan hasil pengumpulan data dengan observasi langsung, terdapat urutan wilayah pengantaran pendistribusian paket oleh kurir. Urutan pengantaran pada salah satu zona wilayah distribusi SPX Selomerto Hub yang mencakup tiga desa, yaitu Desa Sumberwulan, Desa Karangrejo, dan Desa Kaliputih. Urutan pengantaran paket tersebut menjadi pola yang diterapkan dalam kegiatan operasional SPX. Selain wilayah pengantaran utama, terdapat wilayah tambahan pada kondisi tertentu yang dapat dimasukkan ke dalam rute pengantaran. Penambahan wilayah tersebut dilakukan berdasarkan kebijakan operasional SPX, apabila jumlah paket pada suatu zona relatif sedikit pada hari tertentu, maka kurir dapat memperoleh tambahan paket yang berasal dari zona lainnya. Berikut ini merupakan pembagian wilayah pengantaran pada salah satu zona distribusi paket di SPX Selomerto Hub:

Tabel 4. 1 Pembagian Wilayah pada Zona yang Diteliti

Pembagian Wilayah	Pengantaran
Wilayah Pengantaran Utama	Dusun Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Remamas apabila terdapat paket, Diwek, Banjaran, Kaliputih, dan Njlegong
Wilayah Pengantaran Tambahan	Dusun Balekambang, Candi, Sirunting,

Pembagian Wilayah	Pengantaran
(dalam kondisi tertentu)	Pendekan, Kemiri, Bendungan, Kemranggen, Depok, dan Petir.

Dalam proses pengolahan data, informasi koordinat setiap titik pengantaran digunakan sebagai dasar memperoleh data jarak dan waktu tempuh. Data tersebut diperoleh dengan memanfaatkan *OpenRouteService* (ORS) melalui layanan API. Pengolahan data menggunakan profil *cycling-regular* karena *OpenRouteService* tidak menyediakan profil khusus sepeda motor (*motorcycle*) pada layanan *routing* yang digunakan. Pemilihan profil tersebut mempertimbangkan karakteristik wilayah distribusi yang melewati daerah jalan atau gang dengan akses terbatas. Selain itu, penggunaan profil tersebut juga mempertimbangkan jaringan jalan yang lebih luas dibandingkan profil kendaraan roda empat. Berikut ini merupakan data rute pengantaran aktual selama 14 hari dengan 2 periode pengantaran:

Tabel 4. 2 Data Aktual

Periode	Daerah Distribusi	Jumlah Titik	Total Jarak	Total Waktu
Hari1 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Remamas, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	48	19.86 km	66.4 menit
Hari 1 Siang	Kroya, Balekambang, Candi, Sirunting, Pendekan, Kemiri, Bendungan, Kemranggen, Depok	24	26.89 km	89.8 menit
Hari 2 Pagi	Karangsari Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Remamas, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	91	23.06 km	77.1 menit
Hari 2 Siang	Karangsari Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	78	24.06 km	80.5 menit
Hari 3 Pagi	Karangsar, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	77	21.28 km	71.1 menit
Hari 3 Siang	Karangsar, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih,	51	19.30 km	64.6 menit

Periode	Daerah Distribusi	Jumlah Titik	Total Jarak	Total Waktu
	Njlegong			
Hari 4 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Remamas, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	68	21.24 km	71.1 menit
Hari 4 Siang	Karangsar, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	64	23.71 km	79.1 menit
Hari 5 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Remamas, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	84	24.73 km	82.7 menit
Hari 5 Siang	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Remamas, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	52	19.87 km	66.5 menit
Hari 6 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	118	22.56 km	75.4 menit
Hari 6 Siang	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	90	22.91 km	76.6 menit
Hari 7 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	78	21.45 km	71.7 menit
Hari 7 Siang	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	47	21.20 km	70.9 menit
Hari 8 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	83	21.81 km	73.0 menit

Periode	Daerah Distribusi	Jumlah Titik	Total Jarak	Total Waktu
Hari 8 Siang	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong, Balekambang, Kemiri, Bendungan, Kemranggen, Petir	45	28.72 km	95.7 menit
Hari 9 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	76	21.58 km	72.2 menit
Hari 9 Siang	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	36	18.48 km	61.8 menit
Hari 10 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	77	21.55 km	72.1 menit
Hari 10 Siang	Jetis, Kroya, Balekambang, Candi, Sirunting, Pendekan, Kemiri, Bendungan, Kemranggen, Depok	36	26.81 km	89.6 menit
Hari 11 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Remamas, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	94	23.06 km	77.1 menit
Hari 11 Siang	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	95	22.59 km	75.5 menit
Hari 12 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	99	22.27 km	74.4 menit
Hari 12 Siang	Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek. Kaliputih, Njlegong	16	17.10 km	57.2 menit
Hari 13 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	98	22.83 km	76.4 menit

Periode	Daerah Distribusi	Jumlah Titik	Total Jarak	Total Waktu
Hari 13 Siang	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	62	19.93 km	66.7 menit
Hari 14 Pagi	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	106	22.04 km	73.7 menit
Hari 14 Siang	Karangsari, Jetis, Kroya, Kalimade, Dermayu, Tanggalan, Diwek, Banjaran, Kaliputih, Njlegong	24	18.27 km	61.1 menit

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Penentuan Jarak dan Waktu Tempuh Antar Titik

Pencarian jarak dan waktu tempuh antar titik dilakukan berdasarkan koordinat geografis yang terdiri atas bujur (*longitude*) dan lintang (*latitude*) dari titik asal dan titik tujuan. Proses pengolahan dilakukan menggunakan *OpenRouteService* (ORS) melalui *Google Spreadsheet* dengan bantuan *Google Apps Script*. *Script* yang telah dibuat diintegrasikan ke dalam spreadsheet melalui menu *Extensions,* pilih menu *Apps Script*, kemudian fungsi yang telah didefinisikan dapat dipanggil secara langsung pada sel *spreadsheet* dengan memasukkan koordinat titik asal dan titik tujuan. *OpenRouteService* selanjutnya memproses koordinat tersebut dan menghasilkan informasi berupa jarak perjalanan dan waktu tempuh antar titik. Jarak yang diperoleh dinyatakan dalam satuan meter, sedangkan waktu tempuh dikonversikan ke dalam satuan menit, serta terdapat penggunaan profil *cycling-regular* dengan kecepatan 30 km/jam. Berikut ini merupakan *script function* yang digunakan untuk memanggil jarak dan waktu tempuh:

Tabel 4. 3 *Pseudocode* Jarak dan Waktu

```
1   BASE_URL : "https://api.OpenRouteService.org/v2",
2   function Jarak_ORS(lat1, lon1, lat2, lon2) {
3     var hasil = _ambilSatuRute(
4       parseFloat(lat1), parseFloat(lon1),
5       parseFloat(lat2), parseFloat(lon2));
```

```
    if (!hasil) return "ERROR";
    return hasil.jarak_meter;
}
function Waktu_ORS(lat1, lon1, lat2, lon2) {
    var hasil = _ambilSatuRute(
        parseFloat(lat1), parseFloat(lon1),
        parseFloat(lat2), parseFloat(lon2));
    if (!hasil) return "ERROR";
    return hasil.waktu_menit;
}
```

4.2.2 Pembentukan Matriks Jarak dan Waktu

Matriks jarak dan waktu tempuh diperoleh secara otomatis melalui fungsi pengolahan data menggunakan *Python*. Setelah data jarak dan waktu tempuh antar titik diperoleh melalui *OpenRouteService* (ORS), data tersebut selanjutnya diolah untuk membentuk matriks jarak dan matriks waktu tempuh. Proses pembentukan matriks dilakukan secara otomatis berdasarkan seluruh titik yang terdapat pada masing-masing periode pengiriman, sehingga jarak dan waktu tempuh antar setiap pasangan titik dapat diperoleh secara sistematis tanpa melakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan *pseudocode* yang digunakan dalam proses pencarian dan pembentukan matriks jarak dan waktu tempuh secara otomatis dan keseluruhan:

Tabel 4. 4 *Pseudocode* Matriks Jarak dan Waktu Tempuh

```
import time
def buat_label_titik(points, daerah):
    label = []
    for i in range(len(points)):
        if i == 0:
            label.append("0 - Depot")
        else:
            nama_zona = daerah[i] if daerah[i] else "?"
            label.append(f"{i} - {nama_zona}")
    return label
    return [matJ, matW];
```

Matriks jarak dan waktu tempuh yang digunakan dalam penelitian ini berbasis jaringan jalan

(*road network distance*) yang diperoleh melalui *OpenRouteService*. Penggunaan jarak berbasis jaringan jalan dipilih karena mempertimbangkan kondisi jaringan jalan yang sebenarnya, seperti arah jalan satu arah, kelokan, kondisi topografi, keberadaan sungai, serta ruas jalan yang tidak dapat dilalui kendaraan, sehingga jarak yang diperoleh dapat merepresentasikan lintasan perjalanan yang dapat ditempuh oleh kurir di lapangan. Selain itu, *OpenRouteService* menyediakan estimasi waktu tempuh berdasarkan jaringan jalan yang digunakan. Penggunaan matriks berbasis jaringan jalan juga dapat menyesuaikan karakteristik wilayah pengantaran yang memiliki kondisi geografis tidak beraturan dan topografi berbukit.

4.2.3 Penetapan Parameter

Algoritma *Genetic Algorithm* menggunakan beberapa parameter untuk mengatur proses pencarian solusi dan memengaruhi kinerja algoritma. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ukuran populasi (N_{pop}), jumlah generasi maksimum (G_{max}), probabilitas *crossover* (P_c), probabilitas mutasi (P_m), serta jumlah individu yang dipertahankan melalui mekanisme *elitism* (e).

1. Ukuran populasi (N_{pop}) : min (50, max (20,4p))
2. Generasi maksimum (G_{max}) : min (200, max (50, 8p))
3. Probabilitas *crossover* (P_c) : 0,9
4. Probabilitas mutasi (P_m) : 0,1
5. Jumlah individu *elitism* (e) : 2

Penentuan ukuran populasi disesuaikan dengan jumlah titik dalam rute, yaitu empat kali jumlah titik dengan batas minimum 20 individu dan maksimum 50 individu. Batas minimum digunakan agar rute dengan jumlah titik yang sedikit tetap memiliki keragaman solusi yang memadai, sedangkan batas maksimum untuk memberikan batas jumlah kandidat solusi agar proses komputasi tetap terkendali. Dengan demikian, rute yang memiliki jumlah titik lebih banyak memperoleh kapasitas pencarian yang lebih besar dibandingkan rute dengan jumlah titik lebih sedikit. Selain itu, penentuan jumlah generasi sebesar delapan kali jumlah titik dengan batas minimum 50 generasi dan maksimum 200 generasi, agar rute dengan jumlah titik yang lebih banyak memperoleh kesempatan pencarian solusi yang lebih panjang karena memiliki ruang solusi yang kompleks. Batas minimum dan maksimum digunakan untuk menjaga keseimbangan antara kemampuan eksplorasi solusi dan waktu komputasi.

Algoritma *Simulated Annealing* juga menggunakan beberapa paremeter yang dapat mempengaruhi kinerja dalam pengaplikasiannya, parameter tersebut yaitu suhu awal (T_0), suhu

akhir (T_f), jumlah iterasi per suhu (L_{inner}), dan *cooling rate* (α). Berikut ini merupakan parameter yang digunakan dalam pengolahan data menggunakan SA:

1. Suhu awal (T_0) : 500
2. Suhu akhir (T_f) : 1
3. Jumlah iterasi per suhu (L_{inner}) : 30
4. *Cooling rate* (α) : 0,95

4.2.4 Algoritma *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing*

Tahap pengolahan data dilakukan menggunakan metode *Hybrid Genetic Algorithm* (GA) dan *Simulated Annealing* (SA) untuk memperoleh urutan rute pengantaran dengan total jarak tempuh yang lebih rendah. Dalam penelitian ini, proses optimasi dilakukan menggunakan dua skenario yaitu optimasi dengan *constraint* urutan wilayah pengantaran dan optimasi tanpa *constraint* atau optimasi bebas. Kedua skenario menggunakan tahapan algoritma GA dan SA yang sama, tetapi memiliki perbedaan pada batasan pembentukan urutan rute yang diperbolehkan.

Pada skenario pertama, optimasi dilakukan dengan mempertahankan urutan wilayah pengantaran berdasarkan pola distribusi yang digunakan di SPX Selomerto Hub. Urutan wilayah yang digunakan sebagai *constraint* adalah Dusun Karangsari – Jetis – Kroya – Kalimade – Dermayu – Tanggalan – Remamas – Diwek – Banjaran – Kaliputih – Njlegong. *Constraint* tersebut tidak menentukan urutan setiap titik pelanggan secara keseluruhan, tetapi membatasi agar titik pengantaran pada wilayah berikutnya tidak didahulukan sebelum wilayah sebelumnya diselesaikan. Dengan demikian, algoritma tetap dapat melakukan optimasi terhadap urutan titik pengantaran di dalam wilayah, tetapi perpindahan antarwilayah tetap mengikuti urutan yang telah ditentukan.

Pada skenario kedua, optimasi dilakukan tanpa *constraint* urutan wilayah. Seluruh titik pengantaran dalam satu periode dapat disusun secara bebas oleh algoritma berdasarkan nilai fungsi objektif. Dengan tidak adanya *constraint* tersebut GA dan SA memiliki ruang pencarian yang lebih luas untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan urutan titik pengantaran. Skenario ini digunakan untuk mengetahui potensi penghematan jarak apabila algoritma diberikan kebebasan dalam menentukan urutan rute tanpa harus mengikuti urutan wilayah yang selama ini digunakan.

Kedua skenario, tahap optimasi diawali dengan *Genetic Algorithm* untuk memperoleh solusi awal. Setiap individu direpresentasikan sebagai permutasi urutan titik pengantaran. Pada

skenario dengan *constraint*, pembentukan dan perubahan individu tetap mempertahankan urutan antar daerah yang telah ditentukan, sedangkan pada skenario tanpa *constraint* seluruh titik dapat dipermutasi secara bebas. Populasi awal dibentuk sesuai dengan titik pengantaran yang terdapat pada setiap periode. Setiap individu kemudian dievaluasi menggunakan fungsi objektif berupa total jarak tempuh rute, sehingga individu dengan total jarak yang lebih rendah memiliki kualitas solusi yang lebih baik. Selanjutnya, *Roulette Wheel Selection* digunakan untuk memilih individu yang menjadi induk. Proses *Order Crossover* dilakukan dengan probabilitas 0,90 untuk menghasilkan keturunan, sedangkan *Swap Mutation* dengan probabilitas 0,10 digunakan untuk menjaga keberagaman solusi. Pada setiap proses reproduksi, validitas urutan solusi tetap diperhatikan sesuai dengan skenario optimasi yang digunakan. Mekanisme elitisme digunakan untuk mempertahankan dua individu terbaik agar solusi dengan nilai fungsi objektif terbaik tidak hilang pada generasi berikutnya. Setelah seluruh generasi selesai, individu dengan total jarak terendah dipilih sebagai solusi terbaik dari tahap GA. Solusi terbaik yang diperoleh dari GA pada masing-masing skenario kemudian digunakan sebagai solusi awal pada tahap *Simulated Annealing*. Penggunaan solusi GA sebagai solusi awal merupakan bentuk pendekatan *hybrid*, sehingga SA tidak memulai pencarian dari solusi acak, tetapi melakukan penyempurnaan terhadap solusi yang telah diperoleh dari GA. Pada tahap ini, solusi tetangga dibentuk menggunakan metode *2-opt*. Pada skenario dengan *constraint*, perubahan solusi melalui *2-opt* dilakukan dengan tetap mempertahankan urutan antarwilayah yang telah ditentukan. Sementara itu, pada skenario tanpa *constraint* perubahan melalui *2-opt* dapat dilakukan terhadap keseluruhan urutan titik karena tidak terdapat batasan urutan wilayah. Solusi tetangga kemudian dibandingkan dengan solusi saat ini berdasarkan perubahan total jarak. Solusi yang menghasilkan jarak lebih pendek diterima secara langsung, sebaliknya apabila solusi yang menghasilkan jarak lebih panjang masih dapat diterima berdasarkan probabilitas Metropolis. Mekanisme tersebut memungkinkan SA mengeksplorasi solusi yang lebih beragam dan mengurangi kemungkinan algoritma berhenti pada *local optimum*. Proses SA menggunakan suhu awal sebesar 500, suhu akhir sebesar 1, *cooling rate* sebesar 0,95, dan 30 iterasi pada setiap tingkat suhu. Setelah seluruh proses pencarian selesai, solusi dengan total jarak terendah ditetapkan sebagai solusi akhir untuk masing-masing skenario. Dengan demikian, kedua skenario menghasilkan dua alternatif rute optimasi yang dapat dibandingkan berdasarkan total jarak tempuh dan waktu tempuh. Skenario dengan *constraint* menunjukkan hasil optimasi ketika pola urutan wilayah tetap dipertahankan, sedangkan skenario tanpa

constraint menunjukkan hasil optimasi ketika algoritma diberikan kebebasan untuk menentukan urutan wilayah berdasarkan fungsi objektif. Perbandingan kedua skenario digunakan untuk mengetahui bagaimana keberadaan *constraint* urutan wilayah memengaruhi hasil optimasi rute pengantaran. Berikut merupakan *pseudocode* metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 4. 5 *Pseudocode* Pengolahan Data Optimasi dengan *Constraint*

```
Initialize population P with Npop random permutations
Evaluate Fitness(σ) = TotalDistance(σ)
for g = 1 to Gmax do
    Select individuals using Roulette Wheel Selection
    Preserve the best 2 individuals (Elitism)
    while |Pnew| < Npop do
        Select Parent1 and Parent2
        if random(0,1) < Pc then
            σ' = OrderCrossover(Parent1, Parent2)
        else
            σ' = Parent1
        end if
        σ' = SwapMutation(σ', Pm)
        Add σ' to Pnew
    end while
    P = Pnew
end for
σGA = BestSolution(P)
σ = σGA
σbest = σGA
T = T0
while T > Tf do
    for k = 1 to Iteration_per_Temperature do
        σ' = 2-opt(σ)
        ΔC = Fitness(σ') - Fitness(σ)
        if ΔC ≤ 0 or exp(-ΔC/T) > random(0,1) then
```

```
27                σ = σ'
28                if Fitness(σ) < Fitness(σbest) then
29                    σbest = σ
30                end if
31            end if
32        end for
33        T = α × T
34    end while
35    Return σbest
```

4.2.5 Hasil Optimasi

Setelah melakukan optimasi rute dengan menggunakan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* pada SPX didapatkan satu solusi optimasi perbaikan dalam satu rute pengantaran paket.

a. Hasil Optimasi dengan Urutan Daerah Pengantaran

Berikut merupakan hasil keseluruhan pengolahan data menggunakan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* dengan urutan daerah pengantaran Dusun Karangsari – Jetis – Kroya – Kalimade – Dermayu – Tanggalan – Remamas – Diwek – Banjaran – Kaliputih - Njlegong:

Tabel 4. 6 Hasil Optimasi dengan Urutan Daerah Pengantaran

Periode dan Jumlah Paket	Jumlah Titik	Waktu Aktual	Jarak Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Optimasi	Penghematan Jarak
***Day* 1 Pagi**	48	66.4 menit	19.86 km	64.6 menit	19.32 km	2.70%
***Day* 1 Siang**	24	89.8 menit	26.89 km	89.4 menit	26.78 km	0.40%
***Day* 2 Pagi**	91	77.1 menit	23.06 km	74.2 menit	22.19 km	3.80%
***Day* 2 Siang**	78	80.5 menit	24.06 km	72.3 menit	21.61 km	10.20%
***Day* 3 Pagi**	77	71.1 menit	21.28 km	69.9 menit	20.90 km	1.80%

Periode dan Jumlah Paket	Jumlah Titik	Waktu Aktual	Jarak Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Optimasi	Penghematan Jarak
***Day* 3 Siang**	51	64.6 menit	19.30 km	63.9 menit	19.10 km	1.10%
***Day* 4 Pagi**	68	71.1 menit	21.24 km	69.8 menit	20.86 km	6.60%
***Day* 4 Siang**	64	79.1 menit	23.71 km	68.4 menit	20.44 km	13.80%
***Day* 5 Pagi**	84	82.7 menit	24.73 km	79.4 menit	23.74 km	4.00%
***Day* 5 Siang**	52	66.5 menit	19.87 km	64.6 menit	19.32 km	2.80%
***Day* 6 Pagi**	118	75.4 menit	22.56 km	73.1 menit	21.85 km	3.20%
***Day* 6 Siang**	90	76.6 menit	22.91 km	70.9 menit	21.21 km	7.40%
***Day* 7 Pagi**	78	71.7 menit	21.45 km	70.1 menit	20.97 km	2.20%
***Day* 7 Siang**	47	70.9 menit	21.20 km	64.6 menit	19.30 km	9.00%
***Day* 8 Pagi**	83	73.0 menit	21.81 km	71.2 menit	21.28 km	2.40%
***Day* 8 Siang**	45	95.7 menit	28.72 km	95.4 menit	28.62 km	0.40%
***Day* 9 Pagi**	76	72.2 menit	21.58 km	71.9 menit	21.51 km	0.30%
***Day* 9 Siang**	36	61.8 menit	18.48 km	59.3 menit	17.71 km	4.10%
***Day* 10 Pagi**	77	72.1 menit	21.55 km	71.5 menit	21.39 km	0.70%
***Day* 10 Siang**	36	89.6	26.81 km	89.4	26.73 km	0.30%

Periode dan Jumlah Paket	Jumlah Titik	Waktu Aktual	Jarak Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Optimasi	Penghematan Jarak
		menit		menit		
***Day* 11 Pagi**	94	77.1 menit	23.06 km	75.5 menit	22.58 km	2.10%
***Day* 11 Siang**	95	75.5 menit	22.59 km	73.8 menit	22.09 km	2.20%
***Day* 12 Pagi**	99	74.4 menit	22.27 km	71.8 menit	21.46 km	3.60%
***Day* 12 Siang**	16	57.2 menit	17.10 km	57.2 menit	17.10 km	0.00%
***Day* 13 Pagi**	98	76.4 menit	22.83 km	74.2 menit	22.17 km	2.90%
***Day* 13 Siang**	62	66.7 menit	19.93 km	65.8 menit	19.65 km	1.40%
***Day* 14 Pagi**	106	73.7 menit	22.04 km	71.8 menit	21.46 km	2.60%
***Day* 14 Siang**	24	61.1 menit	18.27 km	60.6 menit	18.11 km	0.90%

b. Hasil Optimasi tanpa Urutan Daerah Pengantaran

Berikut merupakan hasil keseluruhan pengolahan data menggunakan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* tanpa urutan daerah pengantaran untuk memperluas alternatif rute yang dapat dilewati kurir:

Tabel 4. 7 Hasil Optimasi dengan Urutan Daerah Pengantaran

Periode dan Jumlah Paket	Jumlah Titik	Waktu Aktual	Jarak Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Optimasi	Penghematan Jarak
Day 1 Pagi	48	66.4 menit	19.86 km	65.4 menit	19.55 km	1.56%
Day 1 Siang	24	89.8 menit	26.89 km	81.7 menit	24.46 km	9.07%

Periode dan Jumlah Paket	Jumlah Titik	Waktu Aktual	Jarak Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Optimasi	Penghematan Jarak
Day 2 Pagi	91	77.1 menit	23.06 km	77.1 menit	23.06 km	0.00%
Day 2 Siang	78	80.5 menit	24.06 km	70.6 menit	21.17 km	12.03%
Day 3 Pagi	77	71.1 menit	21.28 km	69.0 menit	20.69 km	2.73%
Day 3 Siang	51	64.6 menit	19.30 km	62.8 menit	18.83 km	2.44%
Day 4 Pagi	68	71.1 menit	21.24 km	67.7 menit	20.28 km	4.52%
Day 4 Siang	64	79.1 menit	23.71 km	73.2 menit	21.96 km	7.41%
Day 5 Pagi	84	82.7 menit	24.73 km	74.0 menit	22.18 km	10.30%
Day 5 Siang	52	66.5 menit	19.87 km	65.9 menit	19.77 km	0.49%
Day 6 Pagi	118	75.4 menit	22.56 km	75.4 menit	22.56 km	0.00%
Day 6 Siang	90	76.6 menit	22.91 km	68.9 menit	20.67 km	9.76%
Day 7 Pagi	78	71.7 menit	21.45 km	71.7 menit	21.43 km	0.09%
Day 7 Siang	47	70.9 menit	21.20 km	58.4 menit	17.52 km	17.34%
Day 8 Pagi	83	73.0 menit	21.81 km	71.8 menit	21.52 km	1.32%
Day 8 Siang	45	95.7 menit	28.72 km	85.2 menit	25.57 km	10.97%
Day 9 Pagi	76	72.2	21.58 km	69.1	20.74 km	3.90%

Periode dan Jumlah Paket	Jumlah Titik	Waktu Aktual	Jarak Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Optimasi	Penghematan Jarak
		menit		menit		
Day 9 Siang	36	61.8 menit	18.48 km	57.8 menit	17.35 km	6.09%
Day 10 Pagi	77	72.1 menit	21.55 km	72.1 menit	21.55 km	0.00%
Day 10 Siang	36	89.6 menit	26.81 km	79.7 menit	23.78 km	11.31%
Day 11 Pagi	94	77.1 menit	23.06 km	77.1 menit	23.06 km	0.00%
Day 11 Siang	95	75.5 menit	22.59 km	75.5 menit	22.59 km	0.00%
Day 12 Pagi	99	74.4 menit	22.27 km	74.4 menit	22.27 km	0.00%
Day 12 Siang	16	57.2 menit	17.10 km	56.3 menit	16.89 km	1.22%
Day 13 Pagi	98	76.4 menit	22.83 km	76.4 menit	22.83 km	0.00%
Day 13 Siang	62	66.7 menit	19.93 km	66.3 menit	19.80 km	0.63%
Day 14 Pagi	106	73.7 menit	22.04 km	73.7 menit	22.04 km	0.00%
Day 14 Siang	24	61.1 menit	18.27 km	59.7 menit	17.92 km	1.89%

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hasil Optimasi Rute

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* berbasis *OpenRouteService*, diperoleh perubahan urutan pengantaran pada beberapa periode pengantaran. Pengolahan dilakukan melalui dua skenario optimasi yaitu optimasi dengan *constraint* dan optimasi tanpa *constraint* . Pada optimasi dengan *constraint* , urutan wilayah pengantaran dipertahankan sesuai dengan kondisi aktual, sedangkan urutan titik pengantaran di dalam wilayah tersebut dioptimalkan berdasarkan jarak antar titik pada matriks jarak. Sementara itu, pada optimasi tanpa *constraint* seluruh titik pengantaran dapat diatur ulang untuk memperoleh urutan rute dengan total jarak yang lebih rendah. Kedua skenario tetap mempertahankan seluruh titik pengantaran pada setiap periode dan rute berawal serta berakhir di depot. Hasil dari kedua skenario tersebut kemudian dibandingkan dengan rute aktual berdasarkan jarak tempuh dan waktu pengantaran. Berikut ini merupakan perbandingan hasil rute aktual, rute optimasi dengan *constraint* , dan rute optimasi tanpa *constraint* yang telah dilakukan pengolahan:

Tabel 5. 1 Hasil Perbandingan Rute Aktual, Rute Optimasi dengan *Constraint* , dan Rute Optimasi tanpa *Constraint* dalam 28 Periode

Keterangan	**Rute Aktual**	**Rute Optimasi dengan *Constraint***	**Selisih Optimasi dengan *Constraint***	**Penghematan dengan *Constraint***	**Rute Optimasi tanpa *Constraint***	**Selisih Optimasi tanpa *Constraint***	**Penghematan tanpa *Constraint***
Total Jarak Tempuh	619.16 km	599,45 km	19,71 km	3,18%	592,25 km	26,91 km	4,35%
Total Waktu	2070 menit	2004,6 menit	65,4 menit	3,16%	1.977,6 menit	92,4 menit	4,46%
Rata-rata Penghematan	-	-	-	3,32%	-	-	4,07%

5.1.1 Perbandingan Rute Aktual, Rute Optimasi dengan *Constraint* , dan Rute Optimasi tanpa *Constraint*

Berdasarkan pengolahan data dari 28 periode pengantaran paket di SPX pada wilayah pengantaran Desa Sumberwulan, Desa Karangrejo, dan Desa Kaliputih diperoleh total jarak

rute aktual secara keseluruhan sebesar 619,16 km. Setelah dilakukan optimasi dengan *constraint* , total jarak tersebut berkurang menjadi 599,45 km atau mengalami penurunan sebesar 19,71 km dengan penghematan sebesar 3,18%. Sementara itu pada optimasi tanpa *constraint* , total jarak rute yang diperoleh sebesar 592,25 km atau mengalami penurunan sebesar 26,91 km dari rute aktual dengan penghematan sebesar 4,35%. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa pelepasan batasan urutan wilayah memberikan ruang pencarian yang lebih luas bagi algoritma dalam menyusun urutan titik pengantaran. Dari sisi waktu tempuh, rute aktual memiliki total waktu sebesar 2.070 menit, kemudian berkurang menjadi 2.004,6 menit pada optimasi dengan *constraint* dan 1.977,6 menit pada optimasi tanpa *constraint* . Penghematan waktu yang diperoleh masing-masing scenario sebesar 3,16% dan 4,46%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua skenario dapat menghasilkan rute yang lebih pendek dibandingkan rute aktual, dengan tingkat pengurangan yang berbeda sesuai dengan batasan yang diterapkan pada proses optimasi.

Perbedaan hasil optimasi juga terlihat pada tingkat penghematan antarperiode. Pada optimasi dengan *constraint* , sebanyak 27 dari 28 periode menghasilkan jarak yang lebih rendah dibandingkan rute aktual, sedangkan satu periode yaitu *Day* 12 Siang menghasilkan jarak yang sama dengan rute aktual. Sedangkan pada optimasi tanpa *constraint* , terdapat 20 periode yang menghasilkan pengurangan jarak dan 8 periode menghasilkan jarak yang sama dengan rute aktual. Meskipun jumlah periode yang mengalami penghematan lebih sedikit, optimasi tanpa *constraint* menghasilkan rata-rata penghematan per periode yang lebih besar sebesar 4,07%, dibandingkan optimasi dengan *constraint* sebesar 3,15%. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa *constraint* , algoritma memiliki peluang memperoleh penghematan yang lebih besar pada periode tertentu karena seluruh urutan titik dapat diubah, tetapi tidak semua periode mengalami penghematan.

Perbedaan tersebut dapat dilihat pada beberapa periode yang mengalami perubahan cukup besar. Pada *Day* 7 Siang penghematan meningkat dari 9,00% dengan *constraint* menjadi 17,34% tanpa *constraint* . Pada *Day* 1 Siang penghematan juga meningkat dari 0,40% menjadi 9,07%, sedangkan pada *Day* 5 Pagi meningkat dari 4,00% menjadi 10,30%. Sebaliknya, terdapat periode yang memperoleh penghematan lebih besar ketika *constraint* diterapkan, seperti *Day* 4 Siang yang menghasilkan penghematan 13,80% dengan *constraint* dan sebear 7,41% tanpa *constraint* . Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pelepasan *constraint* tidak secara otomatis menghasilkan penghematan yang lebih besar pada seluruh periode. Besarnya

peluang perbaikan tetap dipengaruhi oleh susunan dan persebaran titik pengantaran pada masing-masing periode serta kondisi rute aktual sebagai pembanding.

Secara keseluruhan, permasalahan yang dapat diperbaiki melalui proses optimasi terletak pada urutan kunjungan titik pengantaran. Pada optimasi dengan *constraint* perbaikan dilakukan dengan mempertahankan urutan wilayah pengantaran dan mengatur kembali urutan titik di dalam wilayah tersebut. Sedangkan pada optimasi tanpa *constraint* algoritma memiliki kebebasan untuk mengatur seluruh urutan titik pengantaran. Kedua scenario tersebut tetap mempertahankan seluruh titik yang harus dikunjungi oleh kurir. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa optimasi tanpa *constraint* memberikan pengurangan total jarak dan waktu yang lebih besar secara keseluruhan, tetapi optimasi dengan *constraint* menghasilkan penghematan pada lebih banyak. Oleh karena itu, perbedaan kedua skenario menunjukkan adanya pengaruh batasan urutan wilayah terhadap ruang pencarian algoritma dan tingkat perbaikan rute yang dapat diperoleh.

5.1.2 Analisis Penghematan Jarak dan Waktu

a. Analisis Penghematan Jarak dan Waktu pada Rute Optimasi dengan *Constraint*

   Berdasarkan hasil optimasi pada pengolahan data dengan menerapkan *constraint* berupa urutan daerah pengantaran paket yang telah ditentukan oleh SPX, yaitu Dusun Karangsari – Jetis – Kroya – Kalimade – Dermayu – Tanggalan – Remamas – Diwek – Banjaran – Kaliputih – Njlegong, diperoleh hasil penghematan yang berbeda pada setiap periode pengantaran. Penerapan *constraint* tersebut membatasi perubahan urutan pada tingkat daerah, sehingga proses optimasi dilakukan dengan tetap mempertahankan urutan daerah pengantaran yang telah ditetapkan dan hanya mengubah urutan kunjungan pada dusun yang sama. Hasil optimasi tersebut menunjukkan bahwa penghematan yang didapatkan tidak menunjukkan pola yang sama pada keseluruhan periode. Penghematan jarak yang dihasilkan memiliki rentang 0% hingga 13,8%. Penghematan terbesar terdapat pada periode *Day* 4 Siang, dari total rute 23,71 km menjadi 20,44 km dengan besar penghematan 13,8%. Waktu tempuh juga mengalami penurunan waktu dari 79,1 menit menjadi 68,4 menit. Dimana kondisi tersebut menunjukkan bahwa terdapat peluang perbaikan yang cukup besar pada susunan rute aktual. Adanya perubahan urutan pendistribusian dapat mengurangi perjalanan yang tidak diperlukan untuk menghasilkan urutan pengantaran lebih efisien.

   Penghematan yang cukup besar juga terjadi pada periode *Day* 2 Siang sebesar 10,2%,

Day 7 Siang sebesar 9,0%, dan *Day* 6 Siang sebear 7,4%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa beberapa rute pada periode siang memiliki ruang perbaikan yang lebih besar. Kondisi ini tidak berarti bahwa seluruh rute siang memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan dengan rute pagi. Hal ini dapat dilihat pada *Day* 8 Siang yang memiliki penghematan kecil sebesar 0,4% dan periode *Day* 10 sebesar 0,3%. Besarnya penghematan dipengaruhi oleh susunan dan persebaran titik pengantaran pada masing-masing periode.

Jumlah titik pengantaran yang banyak, secara langsung tidak menghasilkan persentase penghematan yang lebih besar. Pada *Day* 6 Pagi memiliki jumlah titik pengantaran paling banyak yaitu 118 titik, tetapi hanya menghasilkan penghematan sebesar 3,2%. Selain itu, pada periode *Day* 4 Siang terdapat 64 titik, tetapi menghasilkan penghematan sebesar 13,8%. Hal tersebut menunjukkan bahwa peluang optimasi tidak hanya ditentukan oleh jumlah titik, tetapi dipengaruhi oleh geografis titik dan urutan pengantaran yang digunakan.

Dari pengolahan data yang telah dilakukan, terdapat periode yang tidak mengalami penghematan pada *Day* 12 Siang dengan jarak aktual dan optimasi sama sebesar 17,10 km. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tidak semua rute aktual memiliki peluang perbaikan yang signifikan, rute aktual pada periode tersebut sudah memiliki susunan yang baik. Hasil optimasi menunjukkan bahwa hasil algoritma dapat digunakan sebagai alat bantu dalam mengidentifikasi periode pengantaran paket, serta dapat digunakan untuk alat evaluasi rute aktual. Periode dengan penghematan rendah tetap dapat menggunakan pola rute aktual apabila kondisi lapangan sesuai dengan karakteristik wilayah. Sedangkan, periode dengan penghematan yang lebih besar dapat menjadi prioritas untuk penerapan rute usulan karena memiliki peluang efisiensi yang lebih tinggi.

Hasil optimasi juga menunjukkan bahwa penurunan waktu tempuh berbanding lurus dengan penurunan jarak tempuh. Hal tersebut dikarenakan waktu tempuh yang didapatkan dari *OpenRouteService* dihitung berdasarkan jaringan jalan dan profil kecepatan yang relatif konsisten sesuai dengan jalan yang dapat dilewati. Dengan demikian, penurunan waktu tempuh pada hasil optimasi dapat digunakan sebagai indikator pendukung dalam memperkuat pengambilan keputuan dan perbaikan urutan pengantaran paket. Selain tiu, penerapan *constraint* urutan daerah masih memberikan peluang untuk melakukan perbaikan terhadap rute aktual, meskipun ruang perubahan rute dibatasi oleh urutan daerah yang telah ditetapkan SPX.

b. Analisis Penghematan Jarak dan Waktu pada Rute Optimasi tanpa *Constraint*

Berdasarkan hasil optimasi tanpa menerapkan *constraint* berupa urutan daerah pengantaran paket, algoritma *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* memiliki ruang pencarian yang lebih luas dalam menentukan urutan pengantaran. Urutan titik pengantaran tidak ada batasan yang harus diikuti dari urutan daerah yang telah ditentukan oleh SPX, sehingga algoritma dapat mengevaluasi berbagai kemungkinan susunan titik untuk memperoleh rute dengan jarak tempuh yang lebih pendek. Hasil optimasi menunjukkan bahwa tingkat penghematan jarak berbeda pada setiap periode pengantaran. Dari 28 periode yang dianalisis, sebanyak 20 periode menghasilkan penghematan jarak, sedangkan 8 periode tidak menghasilkan penghematan atau memiliki nilai penghematan sebesar 0,00%. Secara keseluruhan, penghematan jarak yang diperoleh berada pada rentang 0,00% hingga 17,34%, dengan rata-rata penghematan sebesar 4,07%.

Penghematan terbesar diperoleh pada periode *Day* 7 Siang dengan jarak rute aktual sebesar 21,20 km menjadi 17,52 km pada rute hasil optimasi, sehingga diperoleh penghematan sebesar 17,34%. Pada periode yang sama, waktu tempuh juga mengalami penurunan dari 70,9 menit menjadi 58,4 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada periode tersebut terdapat peluang perbaikan urutan pengantaran yang cukup besar ketika batasan urutan daerah dihilangkan. Algoritma dapat mengevaluasi susunan titik pengantaran secara lebih bebas sehingga menghasilkan rute yang mampu mengurangi jarak perjalanan, serta menurunkan waktu tempuh berdasarkan jaringan jalan yang digunakan dalam penelitian.

Penghematan yang relatif besar juga diperoleh pada beberapa periode lainnya, yaitu *Day* 2 Siang sebesar 12,03%, *Day* 10 Siang sebesar 11,31%, *Day* 8 Siang sebesar 10,97%, *Day* 5 Pagi sebesar 10,30%, *Day* 6 Siang sebesar 9,76%, dan *Day* 1 Siang sebesar 9,07%. Pada periode tersebut, penghapusan *constraint* memberikan ruang yang lebih luas bagi algoritma untuk mengubah urutan titik pengantaran, sehingga ditemukan alternatif rute yang memiliki jarak lebih pendek dibandingkan rute aktual.

Meskipun hasil penghematan besar pada beberapa periode, tidak seluruh periode menghasilkan penghematan setelah *constraint* dihilangkan. Terdapat 8 periode yaitu *Day* 2 Pagi, *Day* 6 Pagi, *Day* 10 Pagi, *Day* 11 Pagi, *Day* 11 Siang, *Day* 12 Pagi, *Day* 13 Pagi, dan *Day* 14 Pagi, yang menghasilkan penghematan sebesar 0,00%. Pada periode tersebut, jarak rute aktual dan jarak hasil optimasi memiliki nilai yang sama. Kondisi ini

menunjukkan bahwa dalam proses optimasi, algoritma tidak menemukan susunan rute alternatif yang menghasilkan jarak lebih pendek dibandingkan rute aktual. Dengan demikian, penghapusan *constraint* tidak secara otomatis menghasilkan penghematan pada seluruh periode dikarenkana peluang perbaikan tetap dipengaruhi oleh persebaran geografis dan posisi relatif antar titik pengantaran.

Dari 8 periode dengan penghematan 0,00% tersebut, juga menunjukkan bahwa jumlah titik pengantaran bukan satu-satunya faktor yang menentukan peluang optimasi. Seperti pada periode *Day* 6 Pagi memiliki 118 titik pengantaran, tetapi tidak menghasilkan penghematan, sedangkan *Day* 7 Siang dengan 47 titik pengantaran menghasilkan penghematan terbesar sebesar 17,34%. Hal tersebut menunjukkan bahwa banyaknya titik pengantaran tidak secara langsung berbanding lurus dengan besarnya penghematan. Besarnya peluang perbaikan lebih dipengaruhi oleh pola persebaran geografis titik, jarak antar titik, serta susunan rute aktual yang digunakan pada masing-masing periode.

c. Perbandingan Penghematan pada Optimasi Rute dengan *Constraint* dan Optimasi Rute tanpa *Constraint*

Pada skenario dengan *constraint* , urutan daerah pengantaran tetap mengikuti ketentuan SPX, yaitu Dusun Karangsari – Jetis – Kroya – Kalimade – Dermayu – Tanggalan – Remamas – Diwek – Banjaran – Kaliputih – Njlegong. Perubahan rute yang dihasilkan oleh algoritma dilakukan dengan tetap mempertahankan urutan daerah tersebut. Sedangkan, pada skenario tanpa *constraint* algoritma memiliki ruang pencarian yang lebih luas karena bebas menentukan urutan titik pengantaran tanpa harus mengikuti urutan daerah yang telah ditetapkan.

Hasil perbandingan kedua skenario optimasi menunjukkan adanya perbedaan tingkat penghematan. Pada optimasi dengan *constraint* , terdapat 27 dari 28 periode menghasilkan penghematan jarak, dengan rentang penghematan sebesar 0,00% hingga 13,80% dan rata-rata sebesar 3,15%. Penghematan terbesar terdapat pada *Day* 4 Siang dengan jarak aktual sebesar 23,71 km menjadi 20,44 km, atau mengalami penghematan sebesar 13,80%. Kondisi tersebut menunjukkan meskipun ruang pencarian rute dibatasi oleh urutan daerah, masih terdapat peluang untuk memperbaiki susunan titik pengantaran di dalam urutan daerah yang telah ditetapkan. Sedangkan, pada optimasi tanpa *constraint* terdapat 20 dari 28 periode yang menghasilkan penghematan, sedangkan 8 periode menghasilkan penghematan sebesar 0,00%. Rentang penghematan sebesar 0,00% hingga 17,34%, dengan

rata-rata sebesar 4,07%. Penghematan terbesar terdapat pada *Day* 7 Siang dengan jarak aktual sebesar 21,20 km menjadi 17,52 km atau penghematan sebesar 17,34%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penghapusan *constraint* memberikan ruang pencarian yang lebih luas bagi algoritma untuk mengubah urutan titik pengantaran, sehingga pada periode tertentu dapat ditemukan susunan rute yang memberikan penghematan lebih besar dibandingkan optimasi dengan urutan daerah yang dibatasi.

Perbandingan kedua skenario juga menunjukkan bahwa peningkatan ruang pencarian rute tidak secara otomatis menghasilkan penghematan pada seluruh periode. Pada skenario dengan *constraint* , hanya terdapat satu periode yang menghasilkan penghematan 0,00%, sedangkan pada skenario tanpa *constraint* , terdapat delapan periode yang menghasilkan penghematan 0,00%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penghapusan *constraint* tidak selalu menghasilkan rute yang lebih pendek pada setiap periode. Pada beberapa periode, rute aktual memiliki jarak yang sama dengan solusi hasil optimasi sehingga algoritma tidak menemukan alternatif rute yang memberikan perbaikan jarak berdasarkan matriks jaringan jalan yang digunakan.

Apabila kedua hasil optimasi dibandingkan berdasarkan besarnya rata-rata penghematan, skenario tanpa *constraint* menghasilkan rata-rata penghematan yang lebih tinggi sebesar 4,07%, dibandingkan dengan skenario dengan *constraint I* sebesar 3,15 %. Selain itu, penghematan terbesar juga meningkat dari 13,80% menjadi 17,34%. Namun, hasil tersebut tidak dapat diartikan bahwa seluruh periode menjadi lebih efisien setelah *constraint* dihapus. Perbedaan hasil antarperiode menunjukkan bahwa manfaat dari ruang pencarian yang lebih luas bergantung pada karakteristik persebaran titik pengantaran dan susunan rute aktual pada masing-masing periode.

Perbedaan tersebut dapat dilihat pada beberapa periode yang mengalami perubahan penghematan secara cukup besar. Salah satunya pada *Day* 7 Siang menghasilkan penghematan sebesar 9,00% dengan *constraint* dan meningkat menjadi 17,34% tanpa *constraint* . Perubahan tersebut menunjukkan bahwa pada periode-periode tertentu terdapat peluang perbaikan yang lebih besar ketika algoritma tidak dibatasi oleh urutan daerah pengantaran. Tetapi sebaliknya, terdapat beberapa periode yang menghasilkan penghematan lebih rendah atau tidak mengalami penghematan setelah *constraint* dihapus. Salah satunya pada *Day* 4 Siang mengalami penurunan penghematan dari 13,80% menjadi 7,41%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ruang pencarian yang lebih luas tidak selalu

menghasilkan solusi dengan jarak yang lebih pendek. Hal ini dapat terjadi karena karakteristik persebaran titik pada periode tersebut menyebabkan susunan rute yang sebelumnya dibatasi justru menghasilkan jarak yang lebih pendek dibandingkan solusi yang diperoleh pada proses optimasi tanpa *constraint* .

Dengan demikian, hasil perbandingan menunjukkan bahwa penerapan dan penghapusan *constraint* memberikan karakteristik hasil optimasi yang berbeda. *Constraint* membatasi ruang pencarian tetapi mampu menghasilkan penghematan pada hampir seluruh periode, sedangkan penghapusan *constraint* memperluas ruang pencarian dan memungkinkan diperolehnya penghematan yang lebih besar pada periode tertentu. Oleh karena itu, perbedaan hasil tidak hanya dilihat dari jumlah periode yang mengalami penghematan, tetapi juga dari besarnya penghematan yang diperoleh dan karakteristik rute pada masing-masing periode.

5.2 Analisis Rute dan Jarak Pengantaran Usulan

5.2.1 Visualisasi dan Analisis Rute Periode Representatif

Dari 28 periode pengantaran paket, dipilih satu periode yang dapat mewakili karakteristik umum data untuk divisualisasikan. Pemilihan periode dilakukan dengan mempertimbangkan kedekatan karakteristik periode terhadap nilai tengah atau median dari keseluruhan data, bukan berdasarkan nilai penghematan, jumlah titik pengantaran, jarak, maupun waktu yang paling tinggi atau paling rendah. Pendekatan tersebut digunakan agar periode yang divisualisasikan tidak merepresentasikan kondisi ekstrem, melainkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi pengantaran yang relatif umum pada keseluruhan periode penelitian.

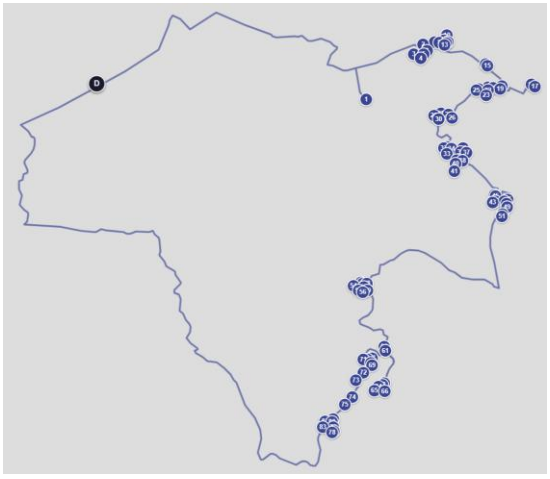
a. Optimasi Rute dengan *Constraint*

   Periode *Day* 8 Pagi dipilih sebagai periode representatif untuk melihat secara lebih jelas perubahan rute yang dihasilkan oleh proses optimasi dengan tetap menerapkan *constraint* urutan daerah pengantaran yang ditetapkan oleh SPX. Dengan adanya *constraint* , algoritma tidak memiliki kebebasan untuk mengubah urutan antar daerah secara keseluruhan. Urutan daerah tetap mengikuti ketentuan SPX yaitu Dusun Karangsari – Jetis – Kroya – Kalimade – Dermayu – Tanggalan – Remamas – Diwek – Banjaran – Kaliputih – Njlegong. Berikut ini merupakan perbedaan nilai median keseluruhan data dan periode divisualisasikan pada hasil optimasi rute dengan *constraint* :

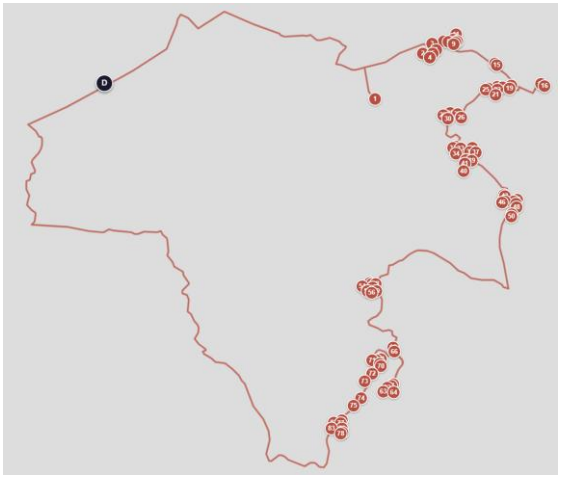
Tabel 5. 2 Nilai Median dan Periode Representatif pada Optimasi dengan *Constraint*

Keterangan	**Nilai Median**	**Periode *Day* 8 Pagi**
Jumlah titik pengantaran	76,5 titik (77 titik)	83 titik
Jarak Aktual	21,925 km	21,81 km
Waktu Aktual	73,35 menit	73,0 menit
Jarak Optimasi	21,34 km	21,28 km
Waktu Optimasi	71,35	71,2 menit

Pada periode *Day* 8 Pagi, rute aktual terdiri atas 83 titik pengantaran dengan jarak sebesar 21,81 km dan waktu tempuh sebesar 73,0 menit. Setelah dilakukan optimasi, urutan kunjungan berubah dan mengalami penurunan jarak menjadi 21,28 km serta waktu tempuh menjadi 71,2 menit. Hasil tersebut menunjukkan pengurangan jarak sebesar 0,53 km atau 2,4% dan pengurangan waktu sebesar 1,8 menit. Berikut ini merupakan visualisasi perbandingan rute aktual dan rute optimasi periode *Day* 8 Pagi pada optimasi dengan *contraint*:



Gambar 5. 1 Visualisasi Rute Aktual Periode *Day* 8 Pagi pada Optimasi dengan *Contraint*



Gambar 5. 2 Visualisasi Rute Optimasi Periode *Day* 8 Pagi pada Optimasi tanpa *Contraint*

Berdasarkan visualisasi tersebut terdapat perubahan urutan titik pengantaran menjadi 0, 1, 3, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 10, 9, 12, 11, 14, 15, 17, 18, 16, 19, 20, 23, 22, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 33, 39, 37, 36, 35, 38, 41, 40, 42, 45, 46, 44, 43, 48, 49, 47, 51, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 65, 66, 62, 60, 61, 70, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 79, 80, 78, 77, 76, 81, 82, 83, 0. Hal tersebut menunjukkan bahwa optimasi tidak menghilangkan titik pengantaran, tetapi melakukan perubahan terhadap urutan

pengantaran. Beberapa titik pada kondisi aktual dikunjungi secara berurutan mengalami perubahan posisi pada rute usulan. Perubahan tersebut dilakukan untuk memperoleh pengantaran paket antar titik yang lebih pendek. Efisiensi dihasilkan dengan penataan ulang rute pengantaran paket tanpa mengurangi jumlah titik pengantaran. Hasil tersebut menunjukkan bahwa algoritma masih dapat menemukan peluang perbaikan meskipun rute aktual sudah relatif baik.

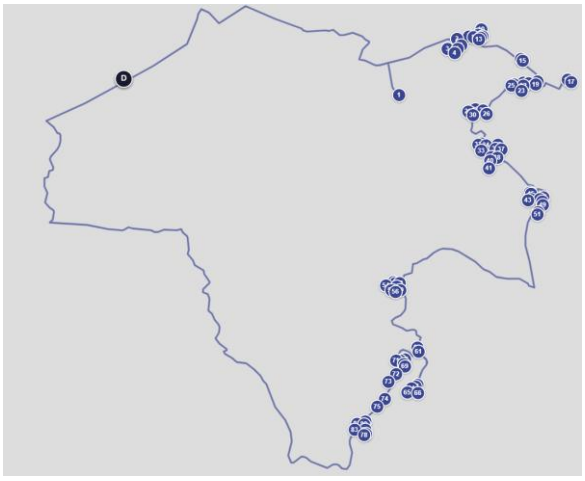
b. Optimasi Rute tanpa *Constraint*

Periode *Day* 8 Pagi dipilih sebagai periode representatif pada optimasi tanpa menerapkan *constraint* urutan daerah pengantaran yang ditetapkan oleh SPX, untuk melihat secara lebih jelas perubahan rute. Berikut ini merupakan perbedaan nilai median keseluruhan data dan periode divisualisasikan pada hasil optimasi rute tanpa *constraint* :

Tabel 5. 3 Nilai Median dan Periode Representatif pada Optimasi tanpa *Contraint*

Keterangan	**Nilai Median**	**Periode *Day* 8 Pagi**
Jumlah titik pengantaran	76,5 titik (77 titik)	83 titik
Jarak Aktual	21,925 km	21,81 km
Waktu Aktual	73,35 menit	73,0 menit
Jarak Optimasi	21,49 km	21,52 km
Waktu Optimasi	71,90 menit	71,8 menit

Pada periode *Day* 8 Pagi, rute aktual terdiri atas 83 titik pengantaran dengan jarak sebesar 21,81 km dan waktu tempuh sebesar 73,0 menit. Setelah dilakukan optimasi, jarak tempuh menjadi 21,52 km dan waktu tempuh menjadi 71,8 menit. Dengan demikian, terjadi pengurangan jarak sebesar 0,29 km atau sekitar 290 meter dengan persentase penghematan sebesar 1,32%, sedangkan waktu tempuh berkurang sebesar 1,2 menit dengan persentase penghematan sebesar 1,64%. Berikut ini merupakan visualisasi perbandingan rute aktual dan rute optimasi periode *Day* 8 Pagi pada Optimasi rute tanpa *constraint* :



Gambar 5. 3 Visualisasi Rute Aktual Periode Day 8 Pagi pada Optimasi dengan *Contraint*



Gambar 5. 4 Visualisasi Rute Optimasi Periode Day 8 Pagi pada Optimasi tanpa *Contraint*

Berdasarkan visualisasi tersebut terdapat perubahan urutan titik pengantaran menjadi 0, 3, 2, 5, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 16, 20, 23, 22, 21, 24, 25, 26, 27, 30, 28, 29, 31, 32, 34, 33, 39, 37, 36, 35, 38, 40, 41, 42, 45, 46, 44, 43, 48, 49, 47, 51, 50, 58, 70, 67, 68, 69, 73, 74, 80, 79, 81, 82, 83, 78, 77, 76, 75, 72, 71, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 60, 59, 57, 56, 55, 54, 53, 52, 1, 0. Hal tersebut menunjukkan bahwa optimasi tidak menghilangkan titik pengantaran, tetapi melakukan perubahan terhadap urutan pengantaran. Visualisasi tersebut menunjukkan bahwa optimasi tidak selalu menghasilkan perubahan jarak yang besar, tetapi dapat menghasilkan perubahan urutan titik serta rute yang dilewati oleh kurir berdasarkan hubungan antar titik lokasi. Pada hasil optimasi terlihat sangat jelas perbedaan rute pengiriman yang digunakan dengan rute aktual. Hasil optimasi mengeksplor kemungkinan alternatif rute lain yang dapat digunakan tanpa menerapkan *constraint* .

5.2.2 Analisis Efisiensi Rute Usulan

Efisiensi rute usulan dalam penelitian ini dievaluasi berdasarkan kemampuan rute hasil optimasi dalam menurunkan total jarak tempuh dengan tetap mempertahankan seluruh titik pengantaran. Pada optimasi dengan *constraint* , urutan wilayah pengantaran tetap dipertahankan sesuai dengan urutan yang digunakan pada kondisi aktual, sedangkan urutan titik pengantaran di dalam wilayah tersebut dapat dilakukan perubahan urutan oleh algoritma. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa 27 dari 28 periode mengalami penurunan jarak dibandingkan dengan rute aktual. Sementara itu, pada optimasi tanpa *constraint* , seluruh urutan titik pengantaran

dapat diatur kembali tanpa mempertahankan urutan wilayah. Hasilnya menunjukkan bahwa 20 dari 28 periode mengalami penurunan jarak dibandingkan dengan rute aktual. Meskipun jumlah periode yang mengalami penghematan berbeda, kedua skenario menunjukkan bahwa perubahan urutan titik pengantaran dapat menghasilkan alternatif rute dengan jarak yang lebih pendek berdasarkan matriks jaringan jalan yang digunakan.

Pada optimasi dengan *constraint* , total jarak tempuh dari 28 periode berkurang dari 619,16 km pada rute aktual menjadi 599,45 km, atau berkurang sebesar 19,71 km dengan penghematan sebesar 3,18%. Sedangkan optimasi tanpa *constraint* menghasilkan total jarak sebesar 592,25 km atau berkurang sebesar 26,91 km dengan penghematan sebesar 4,35%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penghilangan batasan urutan wilayah memberikan ruang pencarian yang lebih luas bagi algoritma untuk menyusun rute, tetapi penghematan yang lebih besar tidak terjadi pada seluruh periode. Pada beberapa periode, rute aktual tidak mengalami perubahan setelah optimasi tanpa *constraint* yang menunjukkan bahwa tidak ditemukan urutan alternatif dengan jarak yang lebih pendek berdasarkan matriks jarak yang digunakan.

Rute hasil optimasi baik dengan maupun tanpa *constraint* dapat digunakan sebagai rute usulan dan tidak menjadi rute tetap yang harus diikuti oleh kurir. Rute dengan *constraint* memberikan alternatif dengan tetap mempertahankan urutan wilayah pengantaran yang telah digunakan, sehingga perubahan terjadi pada urutan titik di dalam masing-masing wilayah. Sementara itu, rute tanpa *constraint* memberikan alternatif dengan kebebasan pengaturan urutan titik yang lebih besar. Kedua rute diperoleh berdasarkan perhitungan jarak dan waktu tempuh pada jaringan jalan yang tersedia dalam *OpenRouteService*, sehingga penerapannya tetap perlu disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan seperti aksesibilitas, lebar jalan, kondisi permukaan jalan, dan hambatan pada ruas tertentu.

Penerapan kedua rute usulan juga tetap perlu mempertimbangkan pengalaman kurir karena kondisi wilayah pengantaran tidak seluruhnya dapat direpresentasikan melalui data jarak dan waktu. Rute dengan *constraint* dapat menjadi alternatif ketika urutan wilayah yang selama ini digunakan tetap perlu dipertahankan, sedangkan rute tanpa *constraint* dapat digunakan ketika terdapat fleksibilitas dalam menentukan urutan antarwilayah. Dengan adanya perbedaan jumlah dan lokasi titik pengantaran pada setiap periode, rute usulan dapat diperoleh berdasarkan data pengantaran terbaru sebelum kegiatan distribusi dilakukan. Dengan demikian, kedua hasil optimasi dapat berperan sebagai alat bantu dalam menentukan urutan pengantaran yang lebih efisien dengan tetap mempertimbangkan kondisi operasional di lapangan.

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan, berikut ini merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

1. Berdasarkan pengumpulan data selama 28 periode pengantaran, diperoleh total jarak tempuh aktual sebesar 619,16 km dan total waktu tempuh sebesar 2.070 menit, dengan jumlah titik pengantaran yang bervariasi pada setiap periode. Rute pengantaran aktual pada SPX Selomerto Hub di zona wilayah Desa Sumberwulan, Desa Karangrejo, dan Desa Kaliputih saat ini masih ditentukan berdasarkan pengalaman dan pemahaman kurir terhadap wilayah pengantaran.
2. Pada *Genetic Algorithm* digunakan ukuran populasi sebesar min(50, max(20,4p)), jumlah generasi maksimum sebesar min(200, max(50,8p)), probabilitas *crossover* 0,9, probabilitas mutasi 0,1, dan *elitism* sebanyak 2 individu. Sedangkan, pada *Simulated Annealing* menggunakan parameter suhu awal 500, suhu akhir 1, 30 iterasi pada setiap tingkat suhu, dan cooling rate 0,95. Solusi terbaik dari pengolahan data menggunakan Genetic Algorithm akan digunakan sebagai solusi awal pada tahap pengolahan data *Simulated Annealing* dengan pencarian lokal 2-opt dan mekanisme penerimaan Metropolis.
3. Hasil optimasi menunjukkan penurunan total jarak tempuh dari 619,16 km menjadi 599,45 km atau berkurang sebesar 19,71 km dengan penghematan 3,18%. Total waktu tempuh juga menurun dari 2.070 menit menjadi 2.004,6 menit atau berkurang 65,4 menit dengan penghematan 3,16%, sedangkan rata-rata persentase penghematan antarperiode sebesar 3,32%. Dari 28 periode pengantaran, sebanyak 27 periode mengalami penurunan jarak, dengan penghematan terbesar sebesar 13,8% pada *Day* 4 Siang, sedangkan *Day* 12 Siang tidak mengalami perubahan jarak. Efisiensi diperoleh melalui perubahan urutan kunjungan dengan tetap mempertahankan seluruh titik pengantaran pada setiap periode. Sedangkan, pada hasil optimasi tanpa *constraint* urutan wilayah menunjukkan adanya perubahan total jarak tempuh dari 619,16 km menjadi 592,25 km, atau berkurang sebesar 26,91 km dengan penghematan sebesar 4,35%. Total waktu tempuh juga mengalami perubahan dari 2.070 menit menjadi 1.977,6 menit, atau berkurang sebesar 92,4 menit dengan penghematan sebesar 4,46%, sedangkan rata-rata persentase penghematan antarperiode sebesar 4,07%. Dari 28 periode pengantaran, sebanyak 20 periode mengalami penurunan jarak, dengan

penghematan terbesar sebesar 17,34% pada *Day* 7 Siang. Efisiensi diperoleh melalui perubahan urutan kunjungan secara bebas tanpa mempertahankan urutan wilayah pengantaran, dengan tetap mempertahankan seluruh titik pengantaran pada setiap periode.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dan keterbatasan yang ditemukan selama penelitian, berikut ini merupakan beberapa saran yang dapat dijadikan rekomendasi bagi SPX Selomerto Hub dan bagi penelitian selanjutnya:

1. Rute hasil optimasi dapat digunakan sebagai alat bantu atau alternatif dalam menentukan urutan pengantaran melalui proses optimasi sebelum kegiatan distribusi dengan menggunakan data pengantaran terbaru pada setiap periode, serta tetap mempertimbangkan kondisi aktual di lapangan dan pengalaman kurir dalam penetapan rute pendistribusian.
2. Untuk mempermudah penerapan optimasi dalam kegiatan operasional, hasil optimasi dapat dikembangkan menjadi aplikasi atau sistem pendukung keputusan yang membantu menghasilkan urutan pengantaran berdasarkan data paket yang akan didistribusikan. Sistem tersebut dapat digunakan sebagai alat bantu dalam menentukan rute, sehingga proses optimasi tidak hanya dilakukan secara manual melalui pengolahan data.
3. Penggunaan profil *routing* yang lebih sesuai dengan karakteristik kendaraan kurir serta mempertimbangkan perubahan kondisi lalu lintas pada waktu pengantaran dapat meningkatkan kesesuaian antara rute hasil optimasi dengan kondisi perjalanan aktual.
4. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan variabel seperti *time window*, biaya operasional, dan cakupan wilayah yang lebih luas serta membandingkan metode *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* dengan metode optimasi lainnya untuk memperoleh alternatif solusi yang lebih baik. Selain itu, cakupan proses distribusi dapat diperluas mulai dari pembagian dan *loading* paket hingga proses pengantaran dan paket diterima oleh pelanggan, sehingga efisiensi dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh, tidak hanya berdasarkan rute perjalanan tetapi keseluruhan proses operasional distribusi.
5. Pemilihan skenario perlu disesuaikan dengan kebutuhan operasional SPX Selomerto Hub. Skenario tanpa *constraint* menghasilkan penghematan jarak dan waktu yang lebih besar, sedangkan skenario dengan *constraint* urutan daerah pengantaranyang sudah familiar bagi kurir sehingga lebih mudah diterapkan. Penelitian selanjutnya dapat mengevaluasi keseimbangan antara efisiensi rute dan kemudahan adaptasi kurir sebelum rute hasil optimasi diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

Agita, G. A. P., Ramadhani, R. A., & Setiawan, A. B. (2025). Penerapan Sistem Optimasi Rute Pengiriman Barang Dengan Pendekatan Saving Matrix Dan Simulated Annealing. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, *9*(3), 2028–2037.

Anggarsari, F., Mahmudy, W. F., & Dewi, C. (2017). Optimasi Kebutuhan Gizi Untuk Balita Menggunakan Hybrid Algoritma Genetika Dan Simulated Annealing. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *1*(12), 1668–1677.

Anshari, N., Hafizh, M. A., Putri, E. R., & Sihananto, A. N. (2024). Metode *Simulated Annealing* Untuk Optimasi Biaya Operasional Penerbangan. *Prosiding Seminar Nasional Informatika Bela Negara (SANTIKA)*, *4*, 33–38.

Ary, M. (2025). *Visualisasi Rute Vehicle Routing Problem Menggunakan Open Route Service Sebagai Platform Geospasial*. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK UNIVERSITAS SURYAKANCANA*, 53–61.

Aryadi, R. (2025). Implementasi Algoritma Lin Kernighan Helsgaun Untuk Menentukan Jarak Terpendek Dalam Sistem Pengantaran Pos Di Kecamatan Mariso. *Arus Jurnal Sains Dan Teknologi*, *3*(2), 233–243.

Asrul, A. (2025). Pengaruh Pemanfaatan E-Commerce Terhadap Kinerja Penjualan UMKM Di Era Digital. *INVESTASI: Inovasi Jurnal Ekonomi Dan Akuntansi*, *3*(3), 164–170.

Belluano, P. L. L. (2016). Optimalisasi Solusi Terbaik Dengan Penerapan Non-Dominated Sorting II Algorithm. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, *8*(1), 29–36.

Blocho, M. (2020). *Heuristics, Metaheuristics, And Hyperheuristics For Rich Vehicle Routing Problems. In Smart Delivery Systems* (Pp. 101–156). Elsevier.

Cahyani, C. A. M., & Wiradinata, T. (2023). *Traveling Salesman Problem Multi-Destination Route Recommendation System Using Genetic Algorithm And Google Maps API*.

Chen, X., & Kalra, G. (2021). *Research On Regional Spatial Logistics Information Integration Method Based On Big Data. International Journal Of Information Technology And Management*, *20*(3), 234–249.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, And Mixed Methods Approaches*. Sage Publications.

Firmansyah, M. Z. A., Romadhona, S., Purwanto, P. A., Amar, S., & Novianti, T. (2026). Optimasi Rute Distribusi Multi-Depot *Vehicle Routing Problem* Dengan Perbandingan Algoritma Genetika Dan *Simulated Annealing*. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *10*(1), 290–295.

Gaol, A. V. L., Assafira, Q., Putri, K. S. R., & Permana, E. (2025). Analisis Pemanfaatan Fintech Pada Generasi Z Dalam Belanja Online. *Jurnal Manajemen Dan Inovasi*, *6*(2).

Giri, S., & Vora, N. (2024). Advanced Route Optimization Using Hybrid Algorithms And Road-Based Distance Calculation. *IRO Journal On Sustainable Wireless Systems*, *6*(3), 273–291.

Gu, W., Liu, Y., Wei, L., & Dong, B. (2015). A Hybrid Optimization Algorithm For Travelling Salesman Problem Based On Geographical Information System For Logistics Distribution. *LISS 2014: Proceedings Of 4th International Conference On Logistics, Informatics And Service Science*, 1641–1646.

Gunawan, C. R. (2024). Optimasi Travelling Salesman Problem Berbasis Algoritma Genetika Dengan Probabilitas Crossover Dan Mutasi Adaptif. *J. Ilmu Komput. Dan Sist. Inf*, *3*(3), 234–242.

Gusti, G. M. A., & Insani, R. W. S. (2023). Optimasi Traveling Salesman Problem (TSP) Menggunakan Algoritma Genetika Dan Google Maps API Untuk Kurir Ekspedisi Pada

J&T Paris 2 Berbasis Web GIS. *INSERT: Information System And Emerging Technology Journal*, *4*(2), 119–132.

Ihsani, I., Pramuntadi, A., Gutama, D. H., & Wijaya, D. P. (2022). Implementasi Algoritma Genetika Dalam Penentuan Rute Optimal Untuk Kurir Kantor Pos Berbasis Web (Studi Kasus: Kantor Pos Wates). *Indonesian Journal Of Business Intelligence (IJUBI)*, *5*(2), 76–86.

Laarhoven, P. J. M., & Aarts, E. H. L. (1987). *Simulated Annealing: Theory And Applications*. Springer.

Leedy, P. D., & Ormrod, J. E. (2015). *Practical Research*. Pearson Education UK.

Ludwig, C., Psotta, J., Buch, A., Kolaxidis, N., Fendrich, S., Zia, M., Fürle, J., Rousell, A., & Zipf, A. (2023). Traffic Speed Modelling To Improve Travel Time Estimation In Openrouteservice. *The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences*, *48*, 109–116.

Mardia, A., & Sunarto, M. P. (2025). *Pemanfaatan Algoritma Genetika Untuk Menyusun Jadwal*. PT Salim Media Indonesia.

Mawardah, W., Safitroh, H., & Setiyoko, D. T. (2026). Analisis Transformasi Pola Konsumsi Masyarakat Pada Era Digital: Penelitian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, *4*(4), 22031–22035.

Mushofa, M., Hermina, D., & Huda, N. (2024). Memahami Populasi Dan Sampel: Pilar Utama Dalam Penelitian Kuantitatif. *Jurnal Syntax Admiration*, *5*(12), 5937–5948.

Mutmainah, S., Lorosae, T. A., & Citra, E. E. (2025). Genetic Algorithm Optimization For Solving The Traveling Salesman Problem In The Indonesian Business Environment. *Journix: Journal Of Informatics And Computing*, *1*(2), 88–98.

Naufal, R., & Hasibuan, M. S. (2025a). Optimization Of Distribution Routes Using The Genetic Algorithm In The Traveling Salesman Problem. *Journal Of Applied Informatics And Computing*, *9*(1), 211–220.

Naufal, R., & Hasibuan, M. S. (2025b). Optimization Of Distribution Routes Using The Genetic Algorithm In The Traveling Salesman Problem. *Journal Of Applied Informatics And Computing*, *9*(1), 211–220.

Permana, B. A., Zeinta, B. A., Aprilas, D., Romadon, M., & Nugraha, R. A. (2026). Peran Teknologi Informasi Dalam Perubahan Pola Belanja Masyarakat Dari Pasar Tradisional Ke E-Commerce. *INFOTECH: Jurnal Informatika & Teknologi*, *7*(1), 126–136.

Pratama, A. S. J., Khamid, A., & Rosita, Y. D. (2023). Pencarian Rute Optimal Wisata Mojokerto Dalam Kasus Traveling Salesman Problem Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains*, *5*(2), 283.

Rabbani, V. A., & Tohir, M. (2025). Pengaruh Perencanaan Distribusi, Ketersediaan Armada Dan Kompetensi SDM Terhadap Ketepatan Waktu Pengiriman. *Jurnal Pendidikan Siber Nusantara*, *3*(3), 124–133.

Rahman, M. (2025). *Optimasi Rute Distribusi Gas Lpg Dengan Metode Saving Matrix & Algoritma Nearest Neighbour (Studi Kasus Pada PT. Rezki Bahari Pajukukang)= Optimization Of Lpg Gas Distribution Routes Using The Saving Matrix Method & Nearest Neighbor Algorithm (Case Study At PT. Rezki Bahari Pajukukang)*.

Rahman, M. A. (2025). *Simulated Annealing* Optimization Algorithm With Self-Escape Mechanism For Travelling Salesman Problem. *Saudi J Eng Technol*, *10*(5), 236–242.

Rahman, M. A., Nazib, K. M., Islam, M. R., & Ali, L. E. (2025). Solving Traveling Salesman Problem Through Genetic Algorithm With Clustering [J]. *International Journal Of Intelligent Systems And Applications*, *17*(3), 15–33.

Revanna, J. K. C., & Al-Nakash, N. Y. B. (2023). Ant Colony Optimization With *Simulated*

Annealing Algorithm For Google Maps. *2023 9th International Conference On Advanced Computing And Communication Systems (ICACCS)*, *1*, 320–326.

Rochmat, A. (2025). Jurnal Berbagai Model Komputasi Evolusi. *Asep Rochmat*.

Sadollah, A., Nasir, M., & Geem, Z. W. (2020). Sustainability And Optimization: From Conceptual Fundamentals To Applications. *Sustainability*, *12*(5), 2027.

Sanjaya, M. (2024). *Algoritma Genetika Untuk Sains Dan Teknik Berbasis Pemrograman Python-Penerbit Bolabot* (Sambas, Aceng). Bolabot.

Santoso, M. K. P., Kurlillah, H. A., Purwanti, P., Anggita, A. T., Nk, N. S. B., & Prahesti, N. A. D. (2024). Penentuan Rute Distribusi LPG Menggunakan Teknik *Simulated Annealing* Pada PT XYZ. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, *3*(4), 68–76.

Silalahi, B. P., Sahara, F., Hanum, F., & Mayyani, H. (2022). *Simulated Annealing* Algorithm For Determining Travelling Salesman Problem Solution And Its Comparison With Branch And Bound Method. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, *6*(3), 601–615.

Sivanandam, S. N., & Deepa, S. N. (2008). Genetic Algorithms. In *Introduction To Genetic Algorithms* (Pp. 15–37). Springer.

Sofianti, T. D. (2004). *Penjadwalan Multipurpose Batch Chemical Plant Dengan Metode Optimasi Gabungan: Algortima Genetika--Simulasi Annealing*.

Suanpang, P., Jamjuntr, P., Jermsittiparsert, K., & Kaewyong, P. (2022). *Tourism Service Scheduling In Smart City Based On Hybrid Genetic Algorithm Simulated Annealing Algorithm. Sustainability*, *14*(23), 16293.

Sugiyono, D. (2010). Metode Penelitian Kuantitatif Dan R&D. *Bandung: Alfabeta*, *33*.

Suparjiman, Iis Dewi Fitriani, Adi Pratama, Ahmad Nabil Quthb, Fakhri Fadhlurrahman, Iwan, F. S. D., Raden Achmad Muhammad Hisyam, Rani, Raquita Dibba, Santi Tria Mustika, Shintia Ledgeriana Hidyan, & Ziyan Dini Hunafa. (2024). Digitalisasi UMKM Sebagai Upaya Peningkatan Pemasaran Online Di Desa Sindangpanon. *BEMAS: Jurnal Bermasyarakat*, *4*(2), 391–398. Https://Doi.Org/10.37373/Bemas.V4i2.810

Surbakti, E. J. B., & Syahmarani, A. (2024). Algoritma Genetika Untuk Penyelesaian Travelling Salesman Problem Pada Rute Pendistribusian Barang Sicepat Ekspres. In *Journal Of Mathematics Education And Science* (Vol. 10, Number 1).

Tospornsampan, J., Kita, I., Ishii, M., & Kitamura, Y. (2007). *Split-Pipe Design Of Water Distribution Network Using Simulated Annealing. International Journal Of Computer, Information, And Systems Science, And Engineering*, *1*(3), 153–163.

Wang, Y., Shi, Y., & Liu, Y. (2022*). Research On Improved Genetic Simulated Annealing Algorithm For Multi-UAV Cooperative Task Allocation. Journal Of Physics: Conference Series*, *2246*(1), 012081.

Xu, W., & Song, D.-P. (2022). *Integrated Optimisation For Production Capacity, Raw Material Ordering And Production Planning Under Time And Quantity Uncertainties Based On Two Case Studies*. *Operational Research*, *22*(3), 2343–2371.

Yulianto, E., & Wulandari, A. (2025). Dampak Perkembangan E-Commerce Terhadap Industri Jasa Transportasi Dan Logistik Di Era Digital. *Jurnal Pengabdian Indonesia (JPI)*, *1*(2), 352–365.

Zheng, C., & Dong, R. (2023). *Research On Cargo Shipment Strategy Based On Hybrid Genetic Simulated Annealing Algorithm*. *2023 IEEE 3rd International Conference On Data Science And Computer Application (ICDSCA)*, 880–885.

LAMPIRAN

A – Data Pengantaran Aktual

Day 1 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416337619981533, 109.89462474106874	Karangsari
2	-7.416144604841584, 109.89633279246634	Karangsari
3	-7.416065496797575, 109.89775213852968	Jetis
4	-7.4155553845591395, 109.89830275188693	Jetis
5	-7.416113739516388, 109.89838794730856	Jetis
6	-7.416117540096224, 109.89785154724677	Jetis
7	-7.4167125231573765, 109.89939362795056	Jetis
8	-7.421340922238015, 109.89856149333136	Kalimade
9	-7.420920468942416, 109.89808994796658	Kalimade
10	-7.420839332166616, 109.89779723226583	Kalimade
11	-7.420931906872003, 109.89783250503939	Kalimade
12	-7.421073713493301, 109.89749813212389	Kalimade
13	-7.423447596552788, 109.89856679113642	Dermayu
14	-7.42322802012183, 109.89894974747875	Dermayu
15	-7.424030706371211, 109.89909241413676	Dermayu
16	-7.423962176585707, 109.899017776289	Dermayu
17	-7.424446130271698, 109.8988098588784	Dermayu
18	-7.424945752630373, 109.89961679682408	Dermayu
19	-7.425442225755225, 109.90031298712286	Dermayu
20	-7.427071150486665, 109.90139660592618	Tanggalan
21	-7.428072435435804, 109.90279134913506	Tanggalan
22	-7.428053952468173, 109.9023734198066	Tanggalan
23	-7.428300392907549, 109.9022827301647	Tanggalan
24	-7.425271963812389, 109.89663941178425	Remamas
25	-7.425721422027289, 109.89527588641859	Remamas
26	-7.425288559859125, 109.89490970377742	Remamas
27	-7.425648494712866, 109.89419270206575	Remamas
28	-7.425698842074938, 109.8945204198584	Remamas
29	-7.42512757567115, 109.89327460993994	Remamas
30	-7.4249113010199475, 109.89394548522411	Remamas
31	-7.424506624745824, 109.89388961838677	Remamas
32	-7.424623705803817, 109.89400367335013	Remamas
33	-7.425840027612809, 109.8946817336415	Remamas
34	-7.4325988303628945, 109.89319534188046	Diwek
35	-7.432507299035495, 109.8926216346543	Diwek

Day 1 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
36	-7.4342027510194235, 109.89198355167211	Diwek
37	-7.4342027510194235, 109.89181436202563	Diwek
38	-7.4346325575680705, 109.89130280161027	Diwek
39	-7.434293807180465, 109.89178202472222	Diwek
40	-7.441280611805194, 109.89272810383655	Banjaran
41	-7.4410838653041775, 109.8933531189873	Banjaran
42	-7.438766301102936, 109.89350525553958	Kaliputih
43	-7.439206323008035, 109.89274493908886	Kaliputih
44	-7.440759423909538, 109.89135156958642	Kaliputih
45	-7.444378717943699, 109.8897689048449	Njlegong
46	-7.444054676965753, 109.88942230367581	Njlegong
47	-7.4435706484050925, 109.8894005136924	Njlegong
48	-7.443650783640227, 109.88928506185368	Njlegong
49	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 1 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.4194163307238625, 109.9016109226898	Kroya
2	-7.431557018005929, 109.90815514594817	Balekambang
3	-7.43113877360034, 109.90808830535522	Balekambang
4	-7.430530554136025, 109.90713054723705	Balekambang
5	-7.437982069182922, 109.90353129508098	Candi
6	-7.438305907534241, 109.9027631305146	Candi
7	-7.437447569407175, 109.9020278988852	Candi
8	-7.439329833879342, 109.90022962692962	Sirunting
9	-7.448414831534631, 109.90285690365481	Pendekan
10	-7.448672237218565, 109.90275604142148	Pendekan
11	-7.449563552191565, 109.90262180322495	Pendekan
12	-7.4493610214627894, 109.90231346491758	Pendekan
13	-7.438018651021779, 109.90236284994305	Candi
14	-7.425242741717933, 109.91697543848329	Kemiri
15	-7.425337520768125, 109.91851384276339	Kemiri
16	-7.425926114252363, 109.91966782647944	Kemiri
17	-7.42601308694155, 109.91952126124862	Kemiri
18	-7.423963221587406, 109.92219915439291	Bendungan
19	-7.423312452654801, 109.91982411231024	Kemranggen
20	-7.422515720397956, 109.9196883566904	Kemranggen
21	-7.4226084849679275, 109.91933518724188	Kemranggen

Day 1 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
22	-7.4198579310810775, 109.92425680031137	Depok
23	-7.419497045580216, 109.92518914757235	Depok
24	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 2 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416312225880926, 109.89462521780447	Karangsari
2	-7.417170476061101, 109.89592801293743	Karangsari
3	-7.416981574688985, 109.89607328965457	Karangsari
4	-7.416935780404753, 109.89628302690178	Karangsari
5	-7.416565378021877, 109.89644164568111	Karangsari
7	-7.4160397798232776, 109.89683004093402	Jetis
8	-7.415912476299364, 109.89718204339992	Jetis
9	-7.4156874665927575, 109.89801184412244	Jetis
10	-7.415539898130925, 109.89831773778675	Jetis
11	-7.41593505356683, 109.89819041988567	Jetis
12	-7.416189198991687, 109.89809451809005	Jetis
13	-7.416008837737557, 109.89787956578951	Jetis
14	-7.416228550530905, 109.89770264350318	Jetis
15	-7.416686011896493, 109.89904857562527	Jetis
16	-7.416585993504845, 109.89935942972143	Jetis
17	-7.417459923943388, 109.90043088428204	Jetis
19	-7.419172412612269, 109.90235447576421	Kroya
20	-7.419213403518208, 109.90287532172317	Kroya
21	-7.419246196248905, 109.90433534391704	Kroya
22	-7.419867617869048, 109.90441967135801	Kroya
23	-7.418795296095687, 109.90203204731183	Kroya
24	-7.419395403095787, 109.90161867749788	Kroya
25	-7.419756752120548, 109.90090667491837	Kroya
26	-7.41958786977403, 109.90040236373844	Kroya
27	-7.419532122188441, 109.90005513309913	Kroya
29	-7.421107808607376, 109.89869266618246	Kalimade
30	-7.421366869930562, 109.89828756376673	Kalimade
31	-7.42096352122425, 109.8980064722968	Kalimade
32	-7.421161916364527, 109.897842777849	Kalimade
33	-7.421007791221839, 109.8974856263263	Kalimade
34	-7.421796452297723, 109.89716485134976	Kalimade
35	-7.4219429742518015, 109.89772960387103	Kalimade

Day 2 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
36	-7.422113706973396, 109.89772863588261	Kalimade
38	-7.423433785740394, 109.89856221983864	Dermayu
39	-7.423525206920899, 109.89872586404778	Dermayu
40	-7.4237663301879895, 109.89937698361626	Dermayu
41	-7.424004025036387, 109.89964665083784	Dermayu
42	-7.424389136125423, 109.89960401115417	Dermayu
43	-7.424047450041051, 109.89910846882391	Dermayu
44	-7.424113730310875, 109.89861407892136	Dermayu
45	-7.423932030944224, 109.89847694046505	Dermayu
46	-7.424443988720264, 109.89880307646027	Dermayu
47	-7.424519411258827, 109.89916167078643	Dermayu
48	-7.425297631275781, 109.89881363860495	Dermayu
49	-7.4249662307502104, 109.89962033541676	Dermayu
50	-7.425451903858628, 109.90035097224522	Dermayu
52	-7.426762731289497, 109.90170590132503	Tanggalan
53	-7.427140983425787, 109.90115965234119	Tanggalan
54	-7.427210691487887, 109.90114121355715	Tanggalan
55	-7.427736524346831, 109.90150053183582	Tanggalan
56	-7.427382000227995, 109.90176280818288	Tanggalan
57	-7.42749352091451, 109.90215718776496	Tanggalan
58	-7.427085612606188, 109.90223449026632	Tanggalan
59	-7.427068724253856, 109.90250484772203	Tanggalan
60	-7.426879885102627, 109.90311370916503	Tanggalan
61	-7.427461030685858, 109.90281330175668	Tanggalan
62	-7.428002770785388, 109.90271033181999	Tanggalan
63	-7.4288784320250985, 109.90252513201352	Tanggalan
64	-7.429033606967566, 109.90240739625628	Tanggalan
65	-7.429096595259367, 109.90203202740865	Tanggalan
66	-7.428956984781587, 109.90164773490052	Tanggalan
68	-7.426057860072483, 109.89580367001588	Remamas
69	-7.425706721604056, 109.89529272745125	Remamas
70	-7.424761144856243, 109.89465459372168	Remamas
71	-7.424912370654494, 109.89435156527401	Remamas
72	-7.425082949471043, 109.89432544106722	Remamas
73	-7.425314246330147, 109.893713554872	Remamas
74	-7.425636019458918, 109.89419146123669	Remamas
75	-7.4258541999062855, 109.89479056801417	Remamas
76	-7.425988544758214, 109.89509314274561	Remamas
77	-7.426432049516907, 109.89516346630886	Remamas

Day 2 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
79	-7.432543117660944, 109.89359173480511	Diwek
80	-7.432921146606644, 109.892298268136	Diwek
81	-7.4330537979819535, 109.89287996049696	Diwek
82	-7.433546562169564, 109.89211883332784	Diwek
83	-7.434247955507347, 109.89196579888312	Diwek
84	-7.434143926837059, 109.89119829547072	Diwek
85	-7.434042635735108, 109.89158618838026	Diwek
87	-7.441089900421329, 109.89332664131936	Banjaran
88	-7.441911822497872, 109.89281972302211	Banjaran
89	-7.441434166628094, 109.89363333437731	Banjaran
90	-7.440992273417387, 109.89347780257388	Banjaran
92	-7.439032692442132, 109.89256309373631	Kaliputih
93	-7.439407020757398, 109.89263377568895	Kaliputih
94	-7.440772843313839, 109.89136813335158	Kaliputih
96	-7.442439401065333, 109.89053627924017	Njlegong
97	-7.443670982318375, 109.88993925652754	Njlegong
98	-7.4440412209149995, 109.88959583417245	Njlegong
99	-7.444592042983566, 109.89000916308441	Njlegong
100	-7.444946249276276, 109.88952078313162	Njlegong
101	-7.4441749405312, 109.88936398667953	Njlegong
102	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 2 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.41636706507333, 109.89464998301452	Karangsari
2	-7.417208234366296, 109.89591040389651	Karangsari
3	-7.416087243460795, 109.89694920756001	Jetis
4	-7.416015672480938, 109.89718941403689	Jetis
5	-7.416075816875177, 109.8977541407622	Jetis
6	-7.415554690409594, 109.89827966291264	Jetis
7	-7.416547737740173, 109.89939160465926	Jetis
8	-7.417500524301345, 109.90091404013549	Jetis
9	-7.41917927315486, 109.90220883735189	Kroya
10	-7.419175511697119, 109.90278161301957	Kroya
11	-7.419195522477536, 109.90425185031431	Kroya
12	-7.419443749131573, 109.90078615543233	Kroya
13	-7.419903701698777, 109.90069585280042	Kroya
14	-7.419438430559322, 109.90132416323246	Kroya

Day 2 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
15	-7.419445721585929, 109.9003226319942	Kroya
16	-7.4213457826366955, 109.89797855277337	Kalimade
17	-7.420848030446652, 109.89811547644133	Kalimade
18	-7.42094958945516, 109.89800736978118	Kalimade
19	-7.420935484037476, 109.89779210475757	Kalimade
20	-7.421170315576905, 109.89746104084391	Kalimade
21	-7.421927984305755, 109.89774398077283	Kalimade
22	-7.422116056063489, 109.8975182844122	Kalimade
23	-7.423669185602733, 109.8984473072969	Dermayu
24	-7.424086412449696, 109.89892673728902	Dermayu
25	-7.424117863656842, 109.89861274838904	Dermayu
26	-7.423610821303423, 109.8988065837225	Dermayu
27	-7.423741230029145, 109.8992195777829	Dermayu
28	-7.423807983237513, 109.8993578483731	Dermayu
29	-7.424394841409893, 109.89957427198746	Dermayu
30	-7.424493368610069, 109.89940039160223	Dermayu
31	-7.424531435931505, 109.89946587902006	Dermayu
32	-7.4245809674882235, 109.8991739990168	Dermayu
33	-7.424450999091659, 109.89880725254838	Dermayu
34	-7.424224670636386, 109.8980758393228	Dermayu
35	-7.425501512540081, 109.89863001867441	Dermayu
36	-7.4271082467461955, 109.9012152287285	Tanggalan
37	-7.427190483197962, 109.90114186558577	Tanggalan
38	-7.427541339574992, 109.90135618894521	Tanggalan
39	-7.427739023836335, 109.90148377747383	Tanggalan
40	-7.427182199677969, 109.902053995682	Tanggalan
41	-7.427160058983972, 109.90177489535826	Tanggalan
42	-7.427412076046087, 109.9023249508533	Tanggalan
43	-7.4290425728121985, 109.90231257814122	Tanggalan
44	-7.428862952930542, 109.90239866929525	Tanggalan
45	-7.425253744870199, 109.89664951843088	Remamas
46	-7.424466847723108, 109.89390811686981	Remamas
47	-7.424616001180104, 109.89426586772157	Remamas
48	-7.424889214714351, 109.89435732870174	Remamas
49	-7.424909773933879, 109.89444185580977	Remamas
50	-7.425647994191723, 109.89468495647316	Remamas
51	-7.4255853709473865, 109.89447294325059	Remamas
52	-7.425406447342967, 109.89418198893449	Remamas
53	-7.425422103161264, 109.89419326623357	Remamas

Day 2 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
54	-7.425341850819479, 109.8934195824688	Remamas
55	-7.425980057178832, 109.89417569447481	Remamas
56	-7.425886967236258, 109.89441038774997	Remamas
57	-7.426084507629588, 109.89510618430567	Remamas
58	-7.425646507248123, 109.8952483691937	Remamas
59	-7.425478785950369, 109.89428993314863	Remamas
60	-7.4253366257143405, 109.89435683563711	Remamas
61	-7.425211127148885, 109.89663063330904	Remamas
62	-7.433581625869787, 109.89160336678795	Diwek
63	-7.433613254810069, 109.89114086001837	Diwek
64	-7.433682838470725, 109.89098775432913	Diwek
65	-7.438625674456369, 109.89388084781562	Banjaran
66	-7.439444225332691, 109.89437253802618	Banjaran
67	-7.441075730140979, 109.89333840965321	Banjaran
68	-7.441884419562746, 109.89293082863395	Banjaran
69	-7.439654445307504, 109.89184206855177	Kaliputih
70	-7.438624340592522, 109.89344644206547	Kaliputih
71	-7.439386803610927, 109.89217335470418	Kaliputih
72	-7.441619765713155, 109.89136267283568	Kaliputih
73	-7.441516260553021, 109.89139939338156	Kaliputih
74	-7.444070213584444, 109.88979949141442	Njlegong
75	-7.444944581095892, 109.88949049995811	Njlegong
76	-7.444832878512692, 109.88956023706069	Njlegong
77	-7.4443887260450685, 109.88945294732427	Njlegong
78	-7.4434625581157405, 109.88949782167472	Njlegong
79	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 3 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416325142352372, 109.89621639305476	Karangsari
2	-7.417078290080665, 109.89581021375467	Karangsari
3	-7.416953339612464, 109.89597348823439	Karangsari
4	-7.416930461334465, 109.89628406362816	Karangsari
5	-7.4163458614443645, 109.89648029421598	Karangsari
6	-7.416651495457392, 109.89652741495617	Karangsari
7	-7.416060810212733, 109.8968504593837	Jetis
8	-7.4156391430908055, 109.8974105103836	Jetis
9	-7.416145638582146, 109.897419677065	Jetis

Day 3 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
10	-7.415712710167798, 109.89834252966942	Jetis
11	-7.416017167998665, 109.89816150858694	Jetis
12	-7.416173796510689, 109.8983620515555	Jetis
13	-7.417010362356008, 109.8979675262937	Jetis
14	-7.416672586725756, 109.89911541689929	Jetis
15	-7.4173406213704265, 109.90032248003926	Jetis
16	-7.41755744715144, 109.90095495409568	Jetis
17	-7.419204025104364, 109.90280287802706	Kroya
18	-7.419108046238452, 109.90442849082297	Kroya
19	-7.419462263582419, 109.90192537604085	Kroya
20	-7.420046759667929, 109.90075755609327	Kroya
21	-7.419444468607799, 109.90031996871181	Kroya
22	-7.421251339338856, 109.8985654779822	Kalimade
23	-7.421293773331587, 109.89799675243334	Kalimade
24	-7.421237650950414, 109.89730379071058	Kalimade
25	-7.421503205574704, 109.89722096660108	Kalimade
26	-7.421794767944576, 109.8979912308165	Kalimade
27	-7.422362834910155, 109.89750256857464	Kalimade
28	-7.423316587683739, 109.89815603398226	Dermayu
29	-7.423631418978911, 109.89820020684078	Dermayu
30	-7.423223507124603, 109.89893860179684	Dermayu
31	-7.423769670949602, 109.8994024168099	Dermayu
32	-7.423992790313024, 109.89944382886735	Dermayu
33	-7.4245094514532, 109.89892425509655	Dermayu
34	-7.4255086066395295, 109.89863113390416	Dermayu
35	-7.425591181349138, 109.89841962031876	Dermayu
36	-7.427121779358703, 109.90118384539795	Tanggalan
37	-7.42721921715188, 109.90111722694634	Tanggalan
38	-7.427618877034434, 109.90145531559008	Tanggalan
39	-7.427485106617181, 109.90218811856248	Tanggalan
40	-7.4267943745255325, 109.9021131273379	Tanggalan
41	-7.426651110866285, 109.90217154753002	Tanggalan
42	-7.427434793937313, 109.90246773623228	Tanggalan
43	-7.428049088326818, 109.90239214205236	Tanggalan
44	-7.428312399758283, 109.90244821247437	Tanggalan
45	-7.4282351238915245, 109.90213360660242	Tanggalan
46	-7.428802883008304, 109.90232808992225	Tanggalan
47	-7.428861078342554, 109.90249741907674	Tanggalan
48	-7.432933081071312, 109.89230618500353	Diwek

Day 3 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
49	-7.433119591429716, 109.89138749433445	Diwek
50	-7.433064178153783, 109.89147420915113	Diwek
51	-7.433454794239008, 109.89128394237746	Diwek
52	-7.433974541764995, 109.8908920677983	Diwek
53	-7.4338417356761575, 109.89176179788362	Diwek
54	-7.433914737063016, 109.89179080133891	Diwek
55	-7.434181652826712, 109.89183083299137	Diwek
56	-7.434492369946685, 109.89134355114993	Diwek
57	-7.4343856037370815, 109.89117514212734	Diwek
58	-7.438602713753545, 109.893898567856	Banjaran
59	-7.439454363834412, 109.8943583090471	Banjaran
60	-7.441811217245084, 109.89289564782928	Banjaran
61	-7.441978237779571, 109.89301663947872	Banjaran
62	-7.440987483238294, 109.89347636099616	Banjaran
63	-7.438569941217564, 109.8935342023096	Kaliputih
64	-7.438771607535429, 109.89350278620412	Kaliputih
65	-7.438947040766357, 109.89228251851455	Kaliputih
66	-7.438850306566557, 109.8927025022402	Kaliputih
67	-7.440132442887643, 109.89228913242783	Kaliputih
68	-7.439735669646276, 109.89200804095563	Kaliputih
69	-7.4415706997614, 109.89134081012614	Kaliputih
70	-7.441853342381896, 109.89115056182865	Kaliputih
71	-7.442680613681392, 109.89037747887208	Njlegong
72	-7.443613288452106, 109.8896778099018	Njlegong
73	-7.44459893987071, 109.89000282666554	Njlegong
74	-7.444780073660466, 109.88954970110355	Njlegong
75	-7.44386499439525, 109.88961375550332	Njlegong
76	-7.443803832217101, 109.88932669690122	Njlegong
77	-7.4437991274315225, 109.88910132030969	Njlegong
78	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 3 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416981704645102, 109.89630204001593	Karangsari
2	-7.416156881091227, 109.89631837941998	Karangsari
3	-7.415578077496433, 109.89744697805705	Jetis
4	-7.4162167925961056, 109.89749578638335	Jetis
5	-7.416410338383474, 109.89741707239455	Jetis

Day 3 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
6	-7.416701094816106, 109.89900512007257	Jetis
7	-7.416698232671652, 109.89909170884438	Jetis
8	-7.419089196314809, 109.90443548149267	Kroya
9	-7.419259134337424, 109.90282646158836	Kroya
10	-7.419414583776964, 109.90162904502442	Kroya
11	-7.419304877335963, 109.90137666416373	Kroya
12	-7.419435299479338, 109.9007513051118	Kroya
13	-7.421107493560991, 109.89828050828909	Kalimade
14	-7.420869085202669, 109.89810089906784	Kalimade
15	-7.420949490674026, 109.8980272137461	Kalimade
16	-7.42175087341737, 109.89729393646269	Kalimade
17	-7.421881149088721, 109.89748408642312	Kalimade
18	-7.422035697815964, 109.89771143281486	Kalimade
19	-7.422179859652138, 109.89771625203866	Kalimade
20	-7.423699776005209, 109.89811084898993	Dermayu
21	-7.423837847375926, 109.89838001341123	Dermayu
22	-7.4234366327071015, 109.89853434068011	Dermayu
23	-7.4237691958738, 109.89890992474068	Dermayu
24	-7.4231316590013865, 109.89888537595738	Dermayu
25	-7.424014488099336, 109.89900636099854	Dermayu
26	-7.424124360256994, 109.89950564216322	Dermayu
27	-7.424460187866457, 109.89939171276687	Dermayu
28	-7.425270391778635, 109.89879029771416	Dermayu
29	-7.424902042139642, 109.89951520930337	Dermayu
30	-7.425160786924054, 109.90005508671648	Dermayu
31	-7.426697860501577, 109.90164527007666	Tanggalan
32	-7.426993010659987, 109.90179838564622	Tanggalan
33	-7.427230015503789, 109.90176404226696	Tanggalan
34	-7.427153164076455, 109.90223147440226	Tanggalan
35	-7.4268826520147995, 109.90312397165505	Tanggalan
36	-7.42808218534463, 109.90219724486438	Tanggalan
37	-7.428051656592894, 109.9024185272812	Tanggalan
38	-7.428723928907365, 109.90233869159194	Tanggalan
39	-7.429138323013835, 109.90248723494864	Tanggalan
40	-7.433101025667324, 109.89240309657944	Diwek
41	-7.433688201679377, 109.89182896223096	Diwek
42	-7.433720993363609, 109.89174628816316	Diwek
43	-7.433919383000978, 109.89176943690214	Diwek
44	-7.434093178808007, 109.89175124860722	Diwek

Day 3 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
45	-7.441026223030997, 109.89347877194568	Banjaran
46	-7.441081777029134, 109.89332111791398	Banjaran
47	-7.43911950557859, 109.89219053026592	Kaliputih
48	-7.439782135538929, 109.89212947500323	Kaliputih
49	-7.43925396001844, 109.89191043744887	Kaliputih
50	-7.441592250287216, 109.89137666320384	Kaliputih
51	-7.444601861965707, 109.89001412721683	Njlegong
52	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 4 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.420131567399689, 109.8921015104133	Karangsari
2	-7.416316805496805, 109.89462962305298	Karangsari
3	-7.416826680253833, 109.89564430589975	Karangsari
4	-7.4161454693180895, 109.89627938833904	Karangsari
5	-7.417098263930108, 109.89590456988856	Karangsari
6	-7.416901506601022, 109.89592937207708	Karangsari
7	-7.4168637947695455, 109.89625014705396	Karangsari
8	-7.416357144188824, 109.89647171327255	Karangsari
9	-7.416067891708025, 109.89695881370665	Jetis
10	-7.415579418071429, 109.89746006649229	Jetis
11	-7.415528853387932, 109.8983249921238	Jetis
12	-7.415994429882952, 109.89834904456424	Jetis
13	-7.416089834840443, 109.89830190178849	Jetis
14	-7.416085064593236, 109.89777274817703	Jetis
15	-7.416400854866012, 109.89740426484059	Jetis
16	-7.416692793704642, 109.89905233782336	Jetis
17	-7.4173902023765255, 109.90041947833916	Jetis
18	-7.417635392301417, 109.90108717398839	Jetis
19	-7.419161768510888, 109.90233652184794	Kroya
20	-7.419099546607923, 109.90443966666106	Kroya
21	-7.419106390834458, 109.90440515661581	Kroya
22	-7.419816437249255, 109.90458034697102	Kroya
23	-7.41944831544669, 109.90078965521121	Kroya
24	-7.419616682630892, 109.90096082440088	Kroya
25	-7.419560559841553, 109.90038933838817	Kroya
26	-7.421153889519316, 109.89850106040785	Kalimade
27	-7.421448189790755, 109.89814767754059	Kalimade

Day 4 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
28	-7.420903391920954, 109.89809660267055	Kalimade
29	-7.420941719429678, 109.89784813034333	Kalimade
30	-7.4208445318081955, 109.89770594895687	Kalimade
31	-7.42142765722313, 109.8973981193467	Kalimade
32	-7.421568647524307, 109.89721866710681	Kalimade
33	-7.421734276850295, 109.89812697150563	Kalimade
34	-7.42194507772117, 109.89749474747458	Kalimade
35	-7.423351184014442, 109.89844661145678	Dermayu
36	-7.423802898375651, 109.89904294504765	Dermayu
37	-7.424415420893436, 109.89955646147459	Dermayu
38	-7.424576652095462, 109.89916488786466	Dermayu
39	-7.42477222842213, 109.89908984426137	Dermayu
40	-7.42523602818357, 109.89663814694913	Remamas
41	-7.424049880632313, 109.89387552420533	Remamas
42	-7.4245650772736695, 109.8940297292395	Remamas
43	-7.425012051050236, 109.89423375436265	Remamas
44	-7.4253931546460095, 109.89448759957527	Remamas
45	-7.42531081748105, 109.89330140700014	Remamas
46	-7.425658985977361, 109.89424087152295	Remamas
47	-7.426054203929931, 109.89496919376946	Remamas
48	-7.426560904108806, 109.8954041767015	Remamas
49	-7.433007295049094, 109.89192005636531	Diwek
50	-7.433541799339856, 109.892115166915	Diwek
51	-7.43352432860141, 109.89159630443304	Diwek
52	-7.433693506478009, 109.89088048834684	Diwek
53	-7.433914110820743, 109.89177846615071	Diwek
54	-7.434468288959249, 109.89175035700374	Diwek
55	-7.434225631162194, 109.89120470885624	Diwek
56	-7.439433752725775, 109.89434846394143	Banjaran
57	-7.441255970032216, 109.89297305756365	Banjaran
58	-7.441532462757535, 109.89281155055089	Banjaran
59	-7.441520143776148, 109.89379853785346	Banjaran
60	-7.438888008034247, 109.89216515647199	Kaliputih
61	-7.439120701201091, 109.89218448209682	Kaliputih
62	-7.439402670407071, 109.89216791727189	Kaliputih
63	-7.442003548223981, 109.89110853982683	Kaliputih
64	-7.4428297183143295, 109.89024325562494	Kaliputih
65	-7.444387955999079, 109.88965911194832	Njlegong
66	-7.44488678224632, 109.88977002431923	Njlegong

Day 4 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
67	-7.444517572327171, 109.88931647193675	Njlegong
68	-7.443612655977422, 109.88914060963864	Njlegong
69	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 4 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416163240285107, 109.8963098004715	Karangsari
2	-7.416506485465018, 109.89653958402262	Karangsari
3	-7.416648339427115, 109.89651443224312	Karangsari
4	-7.415589405650702, 109.89745510884529	Jetis
5	-7.4154969006801865, 109.89801113228638	Jetis
6	-7.415545224675415, 109.89830509371407	Jetis
7	-7.415813344799194, 109.89851259589479	Jetis
8	-7.416153414963739, 109.89843736283764	Jetis
9	-7.41613386191869, 109.89836847913288	Jetis
10	-7.415928095312423, 109.89815872132642	Jetis
11	-7.41608465686942, 109.89775724939581	Jetis
12	-7.416554398868499, 109.89938835029196	Jetis
13	-7.41534521841346, 109.9003104474303	Jetis
14	-7.417441606837892, 109.9004169794031	Jetis
15	-7.4176361154053065, 109.90104680682411	Jetis
16	-7.419166013135761, 109.9022029228806	Kroya
17	-7.419035593990644, 109.9040788441924	Kroya
18	-7.419082586560278, 109.90442984629979	Kroya
19	-7.419237104465759, 109.90432864203083	Kroya
20	-7.419176214537849, 109.9016432587203	Kroya
21	-7.4194525135771086, 109.90038755988698	Kroya
22	-7.419452513577413, 109.90114650686141	Kroya
23	-7.419557450221917, 109.90038921336621	Kroya
24	-7.421359677029092, 109.89828403607052	Kalimade
25	-7.420932429410662, 109.89811212449628	Kalimade
26	-7.420902916074085, 109.89810220362088	Kalimade
27	-7.421397962209899, 109.89774963998605	Kalimade
28	-7.421725745032973, 109.89702213573631	Kalimade
29	-7.421868418139131, 109.89740295952578	Kalimade
30	-7.4218141456373505, 109.89788102304962	Kalimade
31	-7.423503917435838, 109.89821528820931	Dermayu
32	-7.423979385830397, 109.89810946584454	Dermayu

Day 4 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
33	-7.424051529033401, 109.89811277280245	Dermayu
34	-7.423312917150512, 109.89819618280708	Dermayu
35	-7.424523322713422, 109.89918479698875	Dermayu
36	-7.4244509862701955, 109.89879729153326	Dermayu
37	-7.424403721118539, 109.89837349824717	Dermayu
38	-7.4245077124776, 109.89822944524687	Dermayu
39	-7.425261924682978, 109.89878649309557	Dermayu
40	-7.425274481088651, 109.8987953688312	Dermayu
41	-7.426714933647824, 109.90165105731897	Tanggalan
42	-7.4266607457059255, 109.90215612222678	Tanggalan
43	-7.42681181510307, 109.90213459487006	Tanggalan
44	-7.426843280638947, 109.90176994153819	Tanggalan
45	-7.427116341594797, 109.90126760214946	Tanggalan
46	-7.427500076182665, 109.90257192861085	Tanggalan
47	-7.428057801326959, 109.90235706623677	Tanggalan
48	-7.4285290503672705, 109.90201816333713	Tanggalan
49	-7.432910099666651, 109.89234369804491	Diwek
50	-7.434221922562104, 109.89200190897691	Diwek
51	-7.434573018923155, 109.89144041598487	Diwek
52	-7.439441030055388, 109.89438665200377	Banjaran
53	-7.4413718378756775, 109.89285343566614	Banjaran
54	-7.441333807506141, 109.89269800353121	Banjaran
55	-7.44188964551124, 109.89292515669452	Banjaran
56	-7.441910286624441, 109.89280831593959	Banjaran
57	-7.439454038902788, 109.89439608827058	Banjaran
58	-7.438956300293752, 109.89227215538334	Kaliputih
59	-7.440754107663761, 109.89138129516279	Kaliputih
60	-7.443581027976548, 109.88969688673868	Njlegong
61	-7.443657196122839, 109.88990805581447	Njlegong
62	-7.444174781390161, 109.88975789552049	Njlegong
63	-7.444620813826, 109.89000106671398	Njlegong
64	-7.420255855852813, 109.90476410626488	Kroya
65	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 5 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416402256188126, 109.89608035257493	Karangsari
2	-7.416615812609008, 109.89674021594887	Karangsari

Day 5 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
3	-7.416062355234903, 109.89774891526466	Jetis
4	-7.415721510266309, 109.89857025434928	Jetis
5	-7.416312504529577, 109.89831026458864	Jetis
6	-7.416410251965144, 109.89741148964671	Jetis
7	-7.416577074442484, 109.89936180134282	Jetis
8	-7.4151795269455265, 109.90025983412622	Jetis
9	-7.417617706213874, 109.90106687140971	Jetis
10	-7.4190607186034505, 109.9040189272217	Kroya
11	-7.4202023342286845, 109.9047574421921	Kroya
12	-7.419451126220378, 109.90297525483582	Kroya
13	-7.419185566565951, 109.90165009455208	Kroya
14	-7.419222716620799, 109.90117765989929	Kroya
15	-7.419835047812203, 109.90096589359398	Kroya
16	-7.41945301296124, 109.90027308577919	Kroya
17	-7.42075848826054, 109.8987024468234	Kalimade
18	-7.421574142381563, 109.89841609678554	Kalimade
19	-7.421072852570708, 109.89821529799188	Kalimade
20	-7.4215942134100805, 109.89773409834591	Kalimade
21	-7.422043457686649, 109.89762365867755	Kalimade
22	-7.4222226958688555, 109.89749435101338	Kalimade
23	-7.423436508648777, 109.89855798505363	Dermayu
24	-7.423491051228567, 109.89853853256031	Dermayu
25	-7.4238834745521745, 109.89786694753238	Dermayu
26	-7.424297873224153, 109.89802143262213	Dermayu
27	-7.4242303510118335, 109.8986789194541	Dermayu
28	-7.423978249383133, 109.89882484275017	Dermayu
29	-7.424380685264031, 109.89923758289436	Dermayu
30	-7.425151335267925, 109.89864124930503	Dermayu
31	-7.424918634776149, 109.89950068913699	Dermayu
32	-7.426871472416097, 109.90136970653593	Tanggalan
33	-7.4274400716028355, 109.90163909382916	Tanggalan
34	-7.427716738730742, 109.90161407929605	Tanggalan
35	-7.427216606466098, 109.90209663201203	Tanggalan
36	-7.425895505365074, 109.90273885050185	Tanggalan
37	-7.425387962064638, 109.90278503118017	Tanggalan
38	-7.427990259455695, 109.90294912290562	Tanggalan
39	-7.428299573444073, 109.90244032140647	Tanggalan
40	-7.427884754197566, 109.90221559872288	Tanggalan
41	-7.428173870685582, 109.90208422238655	Tanggalan

Day 5 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
42	-7.428472128996527, 109.90214414843213	Tanggalan
43	-7.429034893274665, 109.90243685213332	Tanggalan
44	-7.428837410801272, 109.90167102254068	Tanggalan
45	-7.425528592120517, 109.89674209761075	Remamas
46	-7.424351702424305, 109.89416094257255	Remamas
47	-7.4246187444523075, 109.89426076923651	Remamas
48	-7.425072255117228, 109.89435014892476	Remamas
49	-7.424862738891182, 109.89402266143388	Remamas
50	-7.425811315602532, 109.89425485906892	Remamas
51	-7.4264513517015205, 109.89489368355278	Remamas
52	-7.425017177353824, 109.89305899871653	Remamas
53	-7.42595378414208, 109.89361613194734	Remamas
54	-7.423876517105221, 109.89390247607753	Remamas
55	-7.432949461351863, 109.89276129538936	Diwek
56	-7.433399281331042, 109.89244693197402	Diwek
57	-7.432865857927668, 109.89365605688154	Diwek
58	-7.432854297667014, 109.89134606204671	Diwek
59	-7.433760951942462, 109.89101630070735	Diwek
60	-7.43414904563997, 109.89120616329787	Diwek
61	-7.43400867136571, 109.89125779259787	Diwek
62	-7.433988853653881, 109.89173078362113	Diwek
63	-7.434056563522896, 109.89177741647961	Diwek
64	-7.434296025715482, 109.89170247076761	Diwek
65	-7.4344000677618345, 109.89189233335581	Diwek
66	-7.438591944116536, 109.89354495600578	Kaliputih
67	-7.438538929471755, 109.89402148821958	Kaliputih
68	-7.4394489639429215, 109.89437860264306	Banjaran
69	-7.441062191880009, 109.89383318197899	Banjaran
70	-7.441390550551491, 109.8934904714876	Banjaran
71	-7.441218500437127, 109.89320473386667	Banjaran
72	-7.441476984644049, 109.89270953941102	Banjaran
73	-7.438803562425979, 109.8925428918467	Kaliputih
74	-7.439176223624908, 109.89296003607407	Kaliputih
75	-7.439767863239235, 109.89250101577059	Kaliputih
76	-7.439257774723729, 109.89189240838034	Kaliputih
77	-7.441878014776339, 109.89115772016028	Kaliputih
78	-7.4426403418064275, 109.89079621998671	Njlegong
79	-7.443248397968979, 109.88958973884895	Njlegong
80	-7.443880584129738, 109.88969934169099	Njlegong

Day 5 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
81	-7.444172130686196, 109.88976051854273	Njlegong
82	-7.444467248330101, 109.88950092230314	Njlegong
83	-7.4446705514796205, 109.88939013919206	Njlegong
84	-7.443714769868831, 109.88953392294337	Njlegong
85	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 5 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416337619981533, 109.89462474106874	Karangsari
2	-7.416144604841584, 109.89633279246634	Karangsari
3	-7.416065496797575, 109.89775213852968	Jetis
4	-7.4155553845591395, 109.89830275188693	Jetis
5	-7.416113739516388, 109.89838794730856	Jetis
6	-7.416117540096224, 109.89785154724677	Jetis
7	-7.4167125231573765, 109.89939362795056	Jetis
8	-7.421340922238015, 109.89856149333136	Kalimade
9	-7.420920468942416, 109.89808994796658	Kalimade
10	-7.420839332166616, 109.89779723226583	Kalimade
11	-7.420931906872003, 109.89783250503939	Kalimade
12	-7.421073713493301, 109.89749813212389	Kalimade
13	-7.423447596552788, 109.89856679113642	Dermayu
14	-7.42322802012183, 109.89894974747875	Dermayu
15	-7.424030706371211, 109.89909241413676	Dermayu
16	-7.423962176585707, 109.899017776289	Dermayu
17	-7.424446130271698, 109.8988098588784	Dermayu
18	-7.424945752630373, 109.89961679682408	Dermayu
19	-7.425442225755225, 109.90031298712286	Dermayu
20	-7.427071150486665, 109.90139660592618	Tanggalan
21	-7.427340198133073, 109.9017537276952	Tanggalan
22	-7.428072435435804, 109.90279134913506	Tanggalan
23	-7.428352360148931, 109.90285954270163	Tanggalan
24	-7.428053952468173, 109.9023734198066	Tanggalan
25	-7.428300392907549, 109.9022827301647	Tanggalan
26	-7.425271963812389, 109.89663941178425	Remamas
27	-7.425721422027289, 109.89527588641859	Remamas
28	-7.425288559859125, 109.89490970377742	Remamas
29	-7.425648494712866, 109.89419270206575	Remamas
30	-7.425698842074938, 109.8945204198584	Remamas

Day 5 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
31	-7.4258781982254565, 109.89451439164786	Remamas
32	-7.42512757567115, 109.89327460993994	Remamas
33	-7.425116625058544, 109.89356725512371	Remamas
34	-7.4249113010199475, 109.89394548522411	Remamas
35	-7.424506624745824, 109.89388961838677	Remamas
36	-7.424623705803817, 109.89400367335013	Remamas
37	-7.425840027612809, 109.8946817336415	Remamas
38	-7.4325988303628945, 109.89319534188046	Diwek
39	-7.432507299035495, 109.8926216346543	Diwek
40	-7.4342027510194235, 109.89198355167211	Diwek
41	-7.4342027510194235, 109.89181436202563	Diwek
42	-7.4346325575680705, 109.89130280161027	Diwek
43	-7.434293807180465, 109.89178202472222	Diwek
44	-7.441280611805194, 109.89272810383655	Banjaran
45	-7.4410838653041775, 109.8933531189873	Banjaran
46	-7.438766301102936, 109.89350525553958	Kaliputih
47	-7.439206323008035, 109.89274493908886	Kaliputih
48	-7.440759423909538, 109.89135156958642	Kaliputih
49	-7.444378717943699, 109.8897689048449	Njlegong
50	-7.444054676965753, 109.88942230367581	Njlegong
51	-7.4435706484050925, 109.8894005136924	Njlegong
52	-7.443650783640227, 109.88928506185368	Njlegong
53	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 6 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416314182067266, 109.89464745204431	Karangsari
2	-7.416054829925139, 109.89540462551912	Karangsari
3	-7.416694434119025, 109.89566585460983	Karangsari
4	-7.416816828396346, 109.89566414034684	Karangsari
5	-7.416383348511716, 109.89606870641909	Karangsari
6	-7.416544841067936, 109.89610984873072	Karangsari
7	-7.417189071583778, 109.89610904676907	Karangsari
8	-7.417177223659065, 109.8959369970248	Karangsari
9	-7.417043342112722, 109.8960815663188	Karangsari
10	-7.41685259066089, 109.89615683798802	Karangsari
11	-7.4168739169142714, 109.89635397807406	Karangsari
12	-7.41663458889874, 109.89641371750106	Karangsari

Day 6 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
13	-7.41665473037026, 109.89653439112948	Karangsari
14	-7.416384581491982, 109.89650484107928	Karangsari
15	-7.4161833599382385, 109.89654073152218	Karangsari
16	-7.416079326991289, 109.8969562324788	Jetis
17	-7.416093015538007, 109.89727924650822	Jetis
18	-7.415663194954883, 109.89741866709225	Jetis
19	-7.415734375455739, 109.89787281929291	Jetis
20	-7.415394899089875, 109.89789904692732	Jetis
21	-7.415507145336596, 109.89799429465222	Jetis
22	-7.415641293252446, 109.89815442126222	Jetis
23	-7.415619391554679, 109.89826899461248	Jetis
24	-7.415749432872189, 109.89838908957654	Jetis
25	-7.4161546139877785, 109.89842498002315	Jetis
26	-7.416229900982361, 109.8983228302867	Jetis
27	-7.416347622431706, 109.89795012179793	Jetis
28	-7.416303819107772, 109.8974490359346	Jetis
29	-7.416718581688206, 109.89786729768818	Jetis
30	-7.4166833251302915, 109.89911503518682	Jetis
31	-7.416588874274538, 109.89936074670906	Jetis
32	-7.416134414796367, 109.89985493056211	Jetis
33	-7.417453957617015, 109.90016880803303	Jetis
34	-7.417511449335575, 109.90088109536937	Jetis
35	-7.417428280684159, 109.90039099975493	Jetis
36	-7.419201274446163, 109.90280202380254	Kroya
37	-7.419124648840743, 109.90443345077357	Kroya
38	-7.419588059586708, 109.9045588902041	Kroya
39	-7.419802691766816, 109.90459086496092	Kroya
40	-7.420229516825059, 109.90476057713124	Kroya
41	-7.419403751507111, 109.90164708279785	Kroya
42	-7.4194700480033875, 109.90149622765522	Kroya
43	-7.4198104248782215, 109.90145823353461	Kroya
44	-7.419456437045408, 109.90115571619666	Kroya
45	-7.4195728511305, 109.90041826445092	Kroya
46	-7.419394130898583, 109.90042818532633	Kroya
47	-7.4196421324454525, 109.89985264330925	Kroya
48	-7.421109276298085, 109.89866675193828	Kalimade
49	-7.421148130597945, 109.89843972387482	Kalimade
50	-7.421370971369128, 109.89829797538849	Kalimade
51	-7.421325189779442, 109.89798526308672	Kalimade

Day 6 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
52	-7.421438720301118, 109.89790829528955	Kalimade
53	-7.420919723387817, 109.89776975324936	Kalimade
54	-7.421053288830051, 109.89745322317897	Kalimade
55	-7.420971241492907, 109.89710590599184	Kalimade
56	-7.421244096530284, 109.89730602226443	Kalimade
57	-7.421742477659839, 109.89728159217061	Kalimade
58	-7.422155866277863, 109.89749555445378	Kalimade
59	-7.423289344845215, 109.89816491921611	Dermayu
60	-7.423561174487831, 109.8981789918017	Dermayu
61	-7.423599501766358, 109.8981099717112	Dermayu
62	-7.4238527354898975, 109.89795398630633	Dermayu
63	-7.423793875773271, 109.89822178425753	Dermayu
64	-7.42405942885101, 109.89805337523669	Dermayu
65	-7.423980036710556, 109.8981085913091	Dermayu
66	-7.424029314598789, 109.8991176650399	Dermayu
67	-7.424029314598789, 109.8991176650399	Dermayu
68	-7.424112150502013, 109.89961883824988	Dermayu
69	-7.424434085322537, 109.89953206631647	Dermayu
70	-7.424617259313812, 109.899491658221	Dermayu
71	-7.4245175945242625, 109.89895832855223	Dermayu
72	-7.424599873382492, 109.89881658039992	Dermayu
73	-7.425506082579959, 109.8986321925574	Dermayu
74	-7.425227580459819, 109.90011818478584	Dermayu
75	-7.4267589393421325, 109.90169984813814	Tanggalan
76	-7.427055349759445, 109.9014246536304	Tanggalan
77	-7.427489288613166, 109.90125661739295	Tanggalan
78	-7.42775530903189, 109.90147348357408	Tanggalan
79	-7.4277680672033135, 109.90174976902254	Tanggalan
81	-7.427325233011231, 109.90222044655108	Tanggalan
82	-7.426979956004839, 109.90217300157555	Tanggalan
83	-7.426588465973159, 109.90196431100443	Tanggalan
84	-7.4270689222431185, 109.90242950641647	Tanggalan
85	-7.426981317721719, 109.90260343704712	Tanggalan
86	-7.4274439789128754, 109.90278979129437	Tanggalan
87	-7.427567172636711, 109.90268626115859	Tanggalan
88	-7.428337817046685, 109.90286433299109	Tanggalan
89	-7.428370668642172, 109.90248058128532	Tanggalan
90	-7.428567778179334, 109.90251785213512	Tanggalan
91	-7.429046863467457, 109.90244193003413	Tanggalan

Day 6 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
92	-7.428972947489354, 109.90192980095722	Tanggalan
93	-7.432765458793562, 109.89340814146517	Diwek
94	-7.4321362474184856, 109.89332366293715	Diwek
95	-7.432924354346557, 109.89231780414076	Diwek
96	-7.433112983002634, 109.89136666824712	Diwek
97	-7.433446312901922, 109.89126504002634	Diwek
98	-7.433521247494149, 109.89158555979324	Diwek
99	-7.433784810449985, 109.89168458216078	Diwek
100	-7.433981190587564, 109.89131715706169	Diwek
101	-7.441212223931167, 109.89376537376515	Banjaran
102	-7.441257247437794, 109.89301891729065	Banjaran
103	-7.441864151180631, 109.89329861182117	Banjaran
104	-7.44143913856029, 109.89347478306006	Banjaran
105	-7.439021612405096, 109.89267434738716	Kaliputih
106	-7.439518663757003, 109.89234379930267	Kaliputih
107	-7.439379993690618, 109.89218034145874	Kaliputih
108	-7.439253929955876, 109.89220576823445	Kaliputih
109	-7.439812211944062, 109.89181346940573	Kaliputih
110	-7.4406673513046035, 109.89139599832572	Kaliputih
111	-7.44173043392757, 109.89127445330546	Kaliputih
112	-7.442684878640899, 109.89037748087677	Njlegong
113	-7.444161611446382, 109.88973454668142	Njlegong
114	-7.444593824978916, 109.89000516022305	Njlegong
115	-7.444664059642387, 109.88940763099336	Njlegong
116	-7.444516386757004, 109.88930955628699	Njlegong
117	-7.443637551961868, 109.88921874636576	Njlegong
118	-7.443756410867833, 109.88910614207327	Njlegong
119	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 6 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416331312391872, 109.8946446272659	Karangsari
2	-7.416930579201482, 109.89625835867297	Karangsari
3	-7.416329142926109, 109.89647905493672	Karangsari
4	-7.415677295368002, 109.89740549483578	Jetis
5	-7.41546438940882, 109.89813973949539	Jetis
6	-7.4155615261692, 109.89829070703972	Jetis
7	-7.416059348089178, 109.89828761035271	Jetis

Day 6 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
8	-7.4160134379452245, 109.89787258706475	Jetis
9	-7.4157281390862035, 109.89836532387673	Jetis
10	-7.416241956379936, 109.89752852674314	Jetis
11	-7.4164239571923085, 109.89743097146383	Jetis
12	-7.417075733496451, 109.8980598331264	Jetis
13	-7.417412590704808, 109.90040633605673	Jetis
14	-7.419097587214057, 109.90441870272704	Kroya
15	-7.41986619850282, 109.90443694158924	Kroya
16	-7.419823568023806, 109.90458079428268	Kroya
17	-7.419409188963129, 109.90162812443498	Kroya
18	-7.419414735320231, 109.90146443459513	Kroya
19	-7.41945032527161, 109.90116350700049	Kroya
20	-7.419421579545355, 109.90044431764571	Kroya
21	-7.421106389290484, 109.8986548824081	Kalimade
22	-7.421103651612317, 109.89829873874105	Kalimade
23	-7.421362362123109, 109.89829183673199	Kalimade
24	-7.421058479920417, 109.89794811667443	Kalimade
25	-7.420951710447945, 109.89800195234501	Kalimade
26	-7.420933915533348, 109.8981054824808	Kalimade
27	-7.420865473547413, 109.89812756890977	Kalimade
28	-7.421066515723888, 109.89746609450606	Kalimade
29	-7.420760395244197, 109.89766721429523	Kalimade
30	-7.421229515475648, 109.89730756076213	Kalimade
31	-7.4220337671178385, 109.89775230316819	Kalimade
32	-7.422129568980501, 109.89750594641421	Kalimade
33	-7.4232997049143625, 109.89818721690413	Dermayu
34	-7.423938443988127, 109.89813302657656	Dermayu
35	-7.424222051640514, 109.89861294344446	Dermayu
36	-7.424159204463158, 109.89869612772421	Dermayu
37	-7.424004050459273, 109.8990070784854	Dermayu
38	-7.424146851785523, 109.89965145321916	Dermayu
39	-7.4244507318544075, 109.899521695449	Dermayu
40	-7.424575295247312, 109.89916003017467	Dermayu
41	-7.424489059057467, 109.89911171610585	Dermayu
42	-7.424520542112919, 109.89888671061078	Dermayu
43	-7.423236665825465, 109.8989419900295	Dermayu
44	-7.4254733247686735, 109.89862913343725	Dermayu
45	-7.4272252720341045, 109.90169018217154	Tanggalan
46	-7.427243970495433, 109.90114504648967	Tanggalan

Day 6 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
47	-7.427155052790318, 109.90193555205494	Tanggalan
48	-7.427166900431466, 109.90221871690581	Tanggalan
49	-7.4270739436242525, 109.90249604767668	Tanggalan
50	-7.426873157104056, 109.90311647082298	Tanggalan
51	-7.427480140624135, 109.90280628604455	Tanggalan
52	-7.4276027117529155, 109.90251570664168	Tanggalan
53	-7.427504448477726, 109.90258565588074	Tanggalan
54	-7.428051967170483, 109.90236591915591	Tanggalan
55	-7.428503344858962, 109.90199334369451	Tanggalan
56	-7.428870438849532, 109.90249236699488	Tanggalan
57	-7.429115791749429, 109.90205655890564	Tanggalan
58	-7.428962957830035, 109.9016383829597	Tanggalan
59	-7.42663882036413, 109.90213534600024	Tanggalan
60	-7.4325574991516135, 109.89355946556167	Diwek
61	-7.432919930759811, 109.89233564727877	Diwek
62	-7.433207050163371, 109.89141178955545	Diwek
63	-7.432878771005386, 109.89128997051428	Diwek
64	-7.433566732291634, 109.89130235831493	Diwek
65	-7.433460091206223, 109.89124673921964	Diwek
66	-7.433744996689394, 109.89166330491283	Diwek
67	-7.43373364374265, 109.89177064093238	Diwek
68	-7.43383582025277, 109.89174344914076	Diwek
69	-7.433925224679618, 109.89178209010781	Diwek
70	-7.434028589115627, 109.89128511757531	Diwek
71	-7.434446794887858, 109.8916887051117	Diwek
72	-7.438569442592782, 109.89351914639057	Kaliputih
73	-7.44106873233444, 109.89334952258018	Banjaran
74	-7.441375576419137, 109.89277363456314	Banjaran
75	-7.441925288836907, 109.89278916681296	Banjaran
76	-7.441824587261758, 109.89291461959498	Banjaran
77	-7.438804464143178, 109.89268489868687	Kaliputih
78	-7.439075181513277, 109.89256191885299	Kaliputih
79	-7.439412062672396, 109.89215450045185	Kaliputih
80	-7.4392460821808415, 109.89189923489877	Kaliputih
81	-7.441597484307539, 109.89134770116507	Kaliputih
82	-7.441561579461692, 109.8914134152931	Kaliputih
83	-7.4419881577438005, 109.89112223495101	Kaliputih
84	-7.439176488504314, 109.89249008031713	Kaliputih
85	-7.441568258917939, 109.8911828797433	Kaliputih

Day 6 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
86	-7.442414251410939, 109.89054509719931	Njlegong
87	-7.443587523939929, 109.88971137224462	Njlegong
88	-7.444058216826985, 109.88943667631204	Njlegong
89	-7.444160203067737, 109.88938006775064	Njlegong
90	-7.44453615484545, 109.88932014169512	Njlegong
91	-7.418972198175339, 109.87216815937359	depot

Day 7 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416085363230552, 109.89601897636629	Karangsari
2	-7.4166346452829, 109.8958040241173	Karangsari
3	-7.416998646498522, 109.89563206227653	Karangsari
4	-7.416480518555927, 109.8963943162093	Karangsari
5	-7.416059129235363, 109.89706728226083	Jetis
6	-7.4154196660688605, 109.8976658417569	Jetis
7	-7.415704965130393, 109.89855872055182	Jetis
8	-7.416341148578219, 109.89820156903647	Jetis
9	-7.416127994431082, 109.8977402483295	Jetis
10	-7.416213845850575, 109.89731778980196	Jetis
11	-7.417500405773229, 109.90086405838319	Jetis
12	-7.41897482071669, 109.90245407537375	Kroya
13	-7.4193217176253174, 109.90450777057144	Kroya
14	-7.419066398067009, 109.90402252893955	Kroya
15	-7.419586857015968, 109.90263018252661	Kroya
16	-7.419846104257919, 109.90142401045226	Kroya
17	-7.419502405227233, 109.90079022545322	Kroya
18	-7.4201446312042245, 109.90064762382687	Kroya
19	-7.419488657261366, 109.90011484831	Kroya
20	-7.42113852978608, 109.89848928182735	Kalimade
21	-7.420951115513042, 109.89785544849325	Kalimade
22	-7.421138529966304, 109.89771370033611	Kalimade
23	-7.421596780826604, 109.89773444396678	Kalimade
24	-7.421691630696936, 109.89729998011427	Kalimade
25	-7.421593352522387, 109.8974117652421	Kalimade
26	-7.421948753734135, 109.89750395916248	Kalimade
27	-7.423375220078121, 109.89830384194985	Dermayu
28	-7.423752966602944, 109.89890036652146	Dermayu
29	-7.423691257343855, 109.89931523916907	Dermayu

Day 7 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
30	-7.423775821887961, 109.89961256456813	Dermayu
31	-7.424186172300402, 109.89944332656094	Dermayu
32	-7.424127036882684, 109.89985323402412	Dermayu
33	-7.424661551980994, 109.89942002246285	Dermayu
34	-7.424407411448606, 109.89887768126876	Dermayu
35	-7.424463158417078, 109.89858501544232	Dermayu
36	-7.425358093680477, 109.89866279956823	Dermayu
37	-7.425244171742046, 109.90008123125027	Dermayu
38	-7.426842760688164, 109.90153034284809	Tanggalan
39	-7.427221284334756, 109.90109295821138	Tanggalan
40	-7.427160491246544, 109.90119985327418	Tanggalan
41	-7.427844802709746, 109.90144979908386	Tanggalan
42	-7.427408339944518, 109.90180663995729	Tanggalan
43	-7.426813910990899, 109.90216159403643	Tanggalan
44	-7.426853289498064, 109.90308232238415	Tanggalan
45	-7.427543008576354, 109.90280016334187	Tanggalan
46	-7.427750219523098, 109.90255900200668	Tanggalan
47	-7.428203577033636, 109.90228872302403	Tanggalan
48	-7.428792323841345, 109.90234184102687	Tanggalan
49	-7.428936624324768, 109.90247933643033	Tanggalan
50	-7.4289721849317125, 109.9019126243643	Tanggalan
51	-7.429148369487236, 109.90169430952065	Tanggalan
52	-7.432637128177756, 109.89342858065822	Diwek
53	-7.433041173396447, 109.89289742735895	Diwek
54	-7.433279606283094, 109.89215787493737	Diwek
55	-7.433139182188218, 109.89194267246005	Diwek
56	-7.4332102109786, 109.89140296764145	Diwek
57	-7.433539767235162, 109.89136824457651	Diwek
58	-7.434441536822033, 109.89154682033657	Diwek
59	-7.434156249922648, 109.8921916772446	Diwek
60	-7.441392704973727, 109.89321431646448	Banjaran
61	-7.441821224065644, 109.89288933289555	Banjaran
62	-7.440914079333157, 109.89357669345291	Banjaran
63	-7.439048294275412, 109.89278946655945	Kaliputih
64	-7.43944834726202, 109.8927415156624	Kaliputih
65	-7.439568035180895, 109.89214626312933	Kaliputih
66	-7.439471301117999, 109.89197264780967	Kaliputih
67	-7.441605921186818, 109.89108721667024	Kaliputih
68	-7.44200957173165, 109.89113738290999	Kaliputih

Day 7 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
69	-7.442420738417074, 109.89056392638369	Kaliputih
70	-7.442686034711752, 109.89070206014588	Kaliputih
71	-7.443618479986261, 109.88981682697555	Njlegong
72	-7.443636763382978, 109.88991824028776	Njlegong
73	-7.444558975649209, 109.88967305835675	Njlegong
74	-7.444707527910356, 109.88978369106144	Njlegong
75	-7.443866302857482, 109.88961625084576	Njlegong
76	-7.443420500434167, 109.88913298978271	Njlegong
77	-7.444208018930819, 109.88888937867772	Njlegong
78	-7.444587048531031, 109.88922805753309	Njlegong
79	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 7 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416345538491593, 109.89465165692192	Karangsari
2	-7.416340419884415, 109.89649459325439	Karangsari
3	-7.4157840531451145, 109.89787362761773	Jetis
4	-7.415834500117986, 109.89832811647001	Jetis
5	-7.416340419884415, 109.89649459325439	Jetis
6	-7.415891761290198, 109.89797902668109	Jetis
7	-7.420118716465989, 109.89209006038455	Karangsari
8	-7.4166725486182585, 109.89922535076823	Jetis
9	-7.417406108605988, 109.90042387201366	Jetis
10	-7.417342260528338, 109.90032125545034	Jetis
11	-7.419165982479336, 109.90219577907244	Kroya
12	-7.419080118616418, 109.90442303473618	Kroya
13	-7.4198697909278835, 109.90455609878926	Kroya
14	-7.419433868060615, 109.9014874347198	Kroya
15	-7.419307653879631, 109.90085385213028	Kroya
16	-7.4200737542202795, 109.90074946658247	Kroya
17	-7.419570668830246, 109.90039512273991	Kroya
18	-7.42114787763366, 109.89847498805122	Kalimade
19	-7.421103037819232, 109.89821714592505	Kalimade
20	-7.421679861126854, 109.89720118688403	Kalimade
21	-7.4217905294456665, 109.8974801951487	Kalimade
22	-7.422077670574971, 109.89772761518043	Kalimade
23	-7.422292174276764, 109.89741178321437	Kalimade
24	-7.423303231694074, 109.89817555599888	Dermayu

Day 7 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
25	-7.4235854946035795, 109.89803841754257	Dermayu
26	-7.42344379179261, 109.89859849561256	Dermayu
27	-7.423984319225389, 109.89853165502103	Dermayu
28	-7.424039171868181, 109.89912861065793	Dermayu
29	-7.424450780559119, 109.8987613275947	Dermayu
30	-7.424448785767893, 109.898597042295	Dermayu
31	-7.424960618927078, 109.8995974580744	Dermayu
32	-7.425596211294182, 109.89846572575384	Dermayu
33	-7.427882251566869, 109.9014559401617	Tanggalan
34	-7.42707452876456, 109.90248807354472	Tanggalan
35	-7.427498370913858, 109.90258209676784	Tanggalan
36	-7.428345171471289, 109.9028463390965	Tanggalan
37	-7.428065989999746, 109.9023688925281	Tanggalan
38	-7.428962707887113, 109.9016427694468	Tanggalan
39	-7.432951615058499, 109.89232606205736	Diwek
40	-7.432984466309749, 109.89196301638125	Diwek
41	-7.43382354120069, 109.89176837972249	Diwek
42	-7.434260188022543, 109.89179046615102	Diwek
43	-7.433909775567299, 109.89170350083697	Diwek
44	-7.438582662429199, 109.89393935159312	Kaliputih
45	-7.440757795927523, 109.89137291817693	Kaliputih
46	-7.441600165003003, 109.89132463828105	Kaliputih
47	-7.442665464583863, 109.89034897753936	Njlegong
48	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 8 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.420144669325767, 109.8921243350041	Karangsari
2	-7.416090912812902, 109.89632995359014	Karangsari
3	-7.416817885892382, 109.89564176712004	Karangsari
4	-7.4171211383994695, 109.8961757232522	Karangsari
5	-7.416813072358843, 109.89635047253181	Karangsari
6	-7.416561164025593, 109.89663524914143	Karangsari
7	-7.415937008363167, 109.89719185796947	Jetis
8	-7.4159480756459875, 109.89751207305338	Jetis
9	-7.415780635153082, 109.89786193619169	Jetis
10	-7.415421642533781, 109.89807536620953	Jetis
11	-7.4159266432641, 109.89815506476474	Jetis

Day 8 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
12	-7.41602576800624, 109.89805645469326	Jetis
13	-7.41615436223853, 109.89791867075432	Jetis
14	-7.417534502216076, 109.90097357970818	Jetis
15	-7.417653069815125, 109.90110067976127	Jetis
16	-7.419161749117112, 109.90217890056303	Kroya
17	-7.4191816725708835, 109.90460884184535	Kroya
18	-7.419048596187454, 109.90433480342077	Kroya
19	-7.419383028765, 109.90204731579051	Kroya
20	-7.419292561856418, 109.90151232079359	Kroya
21	-7.419230775901447, 109.90112346204172	Kroya
22	-7.419472701594508, 109.90113063941523	Kroya
23	-7.4198454038126185, 109.90100344424698	Kroya
24	-7.419359040785316, 109.90045772506647	Kroya
25	-7.419459585417686, 109.90025935877888	Kroya
26	-7.421504605364604, 109.89846162691492	Kalimade
27	-7.421246827843843, 109.89822632918091	Kalimade
28	-7.4211348363158, 109.89767201323045	Kalimade
29	-7.421330630784933, 109.89715354299003	Kalimade
30	-7.421574796349176, 109.89750238674166	Kalimade
31	-7.423602900748711, 109.89808963429293	Dermayu
32	-7.4237278790825165, 109.89787027606597	Dermayu
33	-7.424143281105035, 109.89808935686402	Dermayu
34	-7.423739934945025, 109.898420052711	Dermayu
35	-7.424020024235027, 109.89913290081346	Dermayu
36	-7.423711756987231, 109.89928661476976	Dermayu
37	-7.424038907484967, 109.899530946228	Dermayu
38	-7.42463042489915, 109.89923948912104	Dermayu
39	-7.424607470275003, 109.89880297060304	Dermayu
40	-7.4248455631560795, 109.89874740966272	Dermayu
41	-7.425395075375285, 109.89865788986509	Dermayu
42	-7.4271757572714145, 109.90159455583479	Tanggalan
43	-7.427706920360501, 109.90147266444552	Tanggalan
44	-7.427607988465569, 109.90168874817158	Tanggalan
45	-7.427224031330537, 109.90167319217393	Tanggalan
46	-7.427640834664368, 109.90232691773619	Tanggalan
47	-7.427504450198837, 109.90258000051708	Tanggalan
48	-7.427797706526878, 109.90250582521351	Tanggalan
49	-7.4280340882188, 109.90254915736185	Tanggalan
50	-7.42856862696297, 109.90221682539467	Tanggalan

Day 8 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
51	-7.428748983069067, 109.90215399317947	Tanggalan
52	-7.433675551099975, 109.89187638385641	Diwek
53	-7.433601635806173, 109.89172315906605	Diwek
54	-7.433848214012216, 109.89116569224089	Diwek
55	-7.4341827293784055, 109.891569369017	Diwek
56	-7.434287662592159, 109.8918703024833	Diwek
57	-7.43394190085291, 109.89196817434913	Diwek
58	-7.433646496280455, 109.89214962863309	Diwek
59	-7.43417912288089, 109.89219011160908	Diwek
60	-7.438310852881544, 109.89342971799061	Kaliputih
61	-7.438603475547204, 109.89353864978554	Kaliputih
62	-7.440981992154294, 109.8934332860449	Banjaran
63	-7.441096314748534, 109.89334199981745	Banjaran
64	-7.441251078471643, 109.89300416312578	Banjaran
65	-7.441556356719693, 109.89270110242323	Banjaran
66	-7.441568275403618, 109.89350255367245	Banjaran
67	-7.439176838594812, 109.89255955774973	Kaliputih
68	-7.4395002442572, 109.89248066575767	Kaliputih
69	-7.439666239996563, 109.89253839160524	Kaliputih
70	-7.439223584563689, 109.89220261958411	Kaliputih
71	-7.439247797729125, 109.89192715426864	Kaliputih
72	-7.440220240019249, 109.89192221605242	Kaliputih
73	-7.440781388597262, 109.89135827146345	Kaliputih
74	-7.442003718424228, 109.89109502944925	Kaliputih
75	-7.442554901199881, 109.89052692480088	Kaliputih
76	-7.444210820393764, 109.88965585211525	Njlegong
77	-7.4445218378371685, 109.88972000140059	Njlegong
78	-7.444622103332292, 109.88959671037927	Njlegong
79	-7.443631114522234, 109.88967522451175	Njlegong
80	-7.4438549504278715, 109.88959547951939	Njlegong
81	-7.4437780814388885, 109.88909944204597	Njlegong
82	-7.443793938360503, 109.88909085992759	Njlegong
83	-7.444228118019185, 109.88890530033568	Njlegong
84	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 8 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.420118716465989, 109.89209006038455	Karangsari

Day 8 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
2	-7.416340779044544, 109.89465171735519	Karangsari
3	-7.416705363926811, 109.89565387937127	Karangsari
4	-7.416822493256755, 109.89564417107796	Karangsari
5	-7.417181344511151, 109.8959241928617	Karangsari
6	-7.417006890204561, 109.89598847363874	Karangsari
7	-7.416990115748352, 109.89609560826715	Karangsari
8	-7.416286505509263, 109.89678959856678	Jetis
9	-7.41620099139576, 109.89836711877746	Jetis
10	-7.416675306845136, 109.89899632364894	Jetis
11	-7.417437764102679, 109.90038927576893	Jetis
12	-7.419193997899742, 109.90280598164225	Kroya
13	-7.419106391588796, 109.90445740774261	Kroya
14	-7.421082009403094, 109.89823292631982	Kalimade
15	-7.421448470637259, 109.89740562543349	Kalimade
16	-7.421686616727029, 109.89727952240962	Kalimade
17	-7.42202722673375, 109.89773640474554	Kalimade
18	-7.422380861336515, 109.89748821489071	Kalimade
19	-7.427830061319799, 109.90140681342325	Tanggalan
20	-7.432804035782998, 109.89329007897689	Diwek
21	-7.432543963203264, 109.893653124653	Diwek
22	-7.433650368608426, 109.89220510840595	Diwek
23	-7.433734096706981, 109.89173544129105	Diwek
24	-7.4414429148593255, 109.89364338389937	Banjaran
25	-7.441075964850775, 109.89335648376772	Banjaran
26	-7.438841816948617, 109.89336644372017	Kaliputih
27	-7.441597442926589, 109.89136146951053	Kaliputih
28	-7.44243048326723, 109.89054440088393	Njjlegong
29	-7.4440679722099405, 109.88941998527118	Njjlegong
30	-7.443793850391069, 109.88908308003104	Njjlegong
31	-7.426513255700998, 109.91295031615267	Balekambang
32	-7.425733815096098, 109.91405961453688	Balekambang
33	-7.425378372596576, 109.91710058176547	Kemiri
34	-7.425864045248749, 109.91803404522294	Kemiri
35	-7.425460144142391, 109.91865034697943	Kemiri
36	-7.425943242752793, 109.91897968026815	Kemiri
37	-7.424607690445529, 109.92154466999108	Bendungan
38	-7.425385085581135, 109.92170989060752	Bendungan
39	-7.4238794715223495, 109.92208507129635	Bendungan
40	-7.422752938919793, 109.91914563113781	Kemranggen

Day 8 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
41	-7.422403030083768, 109.92335028278126	Kemranggen
42	-7.420174412964985, 109.92410769211301	Kemranggen
43	-7.419803291584698, 109.92434244408469	Kemranggen
44	-7.4198657188723125, 109.92479146587218	Kemranggen
45	-7.418939855276204, 109.92638239466186	Petir
46	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 9 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416177554028066, 109.8964209886928	Karangsari
2	-7.416515125437484, 109.8961675714157	Karangsari
3	-7.416848088451966, 109.89613634917364	Karangsari
4	-7.417003598223257, 109.89582270539884	Karangsari
5	-7.417189637446414, 109.89591218046482	Karangsari
6	-7.416936814890582, 109.89627970170099	Karangsari
7	-7.416445320024471, 109.89668564572729	Karangsari
8	-7.416080351085444, 109.8971522428685	Jetis
9	-7.4157957553658065, 109.89720991036145	Jetis
10	-7.415582235546672, 109.89782811216833	Jetis
11	-7.415834680564848, 109.89839230293511	Jetis
12	-7.416098608214125, 109.89855333315917	Jetis
13	-7.41590271583995, 109.89812200967087	Jetis
14	-7.416166447008058, 109.89801710248315	Jetis
15	-7.416292786146152, 109.89745249748955	Jetis
16	-7.416693087596305, 109.89809228544694	Jetis
17	-7.416690706435507, 109.89911645453024	Jetis
18	-7.416706689032935, 109.89900228931086	Jetis
19	-7.416580371225879, 109.89937328222726	Jetis
20	-7.417356272797816, 109.90033608454428	Jetis
21	-7.417455493646179, 109.90041497653637	Jetis
22	-7.4176242116799, 109.90105416550551	Jetis
23	-7.4192113375207995, 109.90277006152935	Kroya
24	-7.419003213046527, 109.90407326338064	Kroya
25	-7.419162825119804, 109.90168481123668	Kroya
26	-7.4196994304670225, 109.90105771209079	Kroya
27	-7.42034173039223, 109.90051707614987	Kroya
28	-7.4194245226464, 109.90026445994498	Kroya
29	-7.421563094017342, 109.8978533030527	Kalimade

Day 9 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
30	-7.421007090131407, 109.89757399164372	Kalimade
31	-7.421544829863109, 109.89699481931288	Kalimade
32	-7.421766207237152, 109.89799741588284	Kalimade
33	-7.423600695779409, 109.89821869301306	Dermayu
34	-7.423431133579455, 109.89843017568542	Dermayu
35	-7.423515031984118, 109.89871515917224	Dermayu
36	-7.42422632983398, 109.89869010786565	Dermayu
37	-7.424509032612621, 109.89893359160642	Dermayu
38	-7.42548731150775, 109.89864391499393	Dermayu
39	-7.424777726446086, 109.89941623086366	Dermayu
40	-7.425440368304524, 109.90031579411811	Dermayu
41	-7.426869760983388, 109.90151578990576	Tanggalan
42	-7.42707396350964, 109.90118410081683	Tanggalan
43	-7.427634890985949, 109.90131847296755	Tanggalan
44	-7.427173616304567, 109.90202239315893	Tanggalan
45	-7.427158515662597, 109.90172870242384	Tanggalan
46	-7.426892836248201, 109.90231627596435	Tanggalan
47	-7.425721080103234, 109.9026591442406	Tanggalan
48	-7.42790197176046, 109.90271595002069	Tanggalan
49	-7.428056118307862, 109.90236388847113	Tanggalan
50	-7.428601598329991, 109.90207421269291	Tanggalan
51	-7.429033537081188, 109.90242423717717	Tanggalan
52	-7.428915986422057, 109.90166638713869	Tanggalan
53	-7.432710728500044, 109.89347655524772	Diwek
54	-7.43258838393814, 109.89319240396807	Diwek
55	-7.4331477108377975, 109.89192766304417	Diwek
56	-7.4335229539531325, 109.89159088621197	Diwek
57	-7.433824845955323, 109.8910043670382	Diwek
58	-7.434252320713816, 109.89178076082823	Diwek
59	-7.433906302739591, 109.89177967293764	Diwek
60	-7.441081469734246, 109.893310128939	Banjaran
61	-7.441535613629589, 109.89280436179395	Banjaran
62	-7.441877807350219, 109.89293273916284	Banjaran
63	-7.440983996783892, 109.89347247627232	Banjaran
64	-7.438773131530583, 109.89352064201677	Kaliputih
65	-7.4388496940324105, 109.89332473009797	Kaliputih
66	-7.439038011191349, 109.89255856996859	Kaliputih
67	-7.439465898807353, 109.89250480231976	Kaliputih
68	-7.4393592687056564, 109.89217668179623	Kaliputih

Day 9 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
69	-7.440761848125149, 109.89136751668939	Kaliputih
70	-7.441538120647619, 109.89138929334268	Kaliputih
71	-7.443644972663622, 109.88990709059946	Njlegong
72	-7.444416189615002, 109.88961991139762	Njlegong
73	-7.444665180444158, 109.8899508731042	Njlegong
74	-7.443848101147104, 109.88958562745016	Njlegong
75	-7.443633741555226, 109.88966222056445	Njlegong
76	-7.444404325943922, 109.88907688980082	Njlegong
77	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 9 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416346203663436, 109.89461996022601	karangsari
2	-7.416418438398363, 109.89742581697739	Jetis
3	-7.416177340518664, 109.89796868760709	Jetis
4	-7.41611444009316, 109.89632747847713	Jetis
5	-7.416575294623015, 109.89936170335584	Jetis
6	-7.4209273560286295, 109.89783803099239	Kalimade
7	-7.421529746302015, 109.89750266790836	Kalimade
8	-7.421918566639427, 109.89753597904956	Kalimade
9	-7.422035648386454, 109.89750063807499	Kalimade
10	-7.423069695241844, 109.89835369370981	Dermayu
11	-7.4240566259109775, 109.89809868998911	Dermayu
12	-7.424389280571892, 109.89855456029193	Dermayu
13	-7.423315224697295, 109.8981676286412	Dermayu
14	-7.423985301906522, 109.89903674028861	Dermayu
15	-7.424506800039412, 109.89940483223695	Dermayu
16	-7.424811317667465, 109.89918784759759	Dermayu
17	-7.42675691623542, 109.9017105802277	Tanggalan
18	-7.425667255661166, 109.90265215299088	Tanggalan
19	-7.427040105262286, 109.90139097029082	Tanggalan
20	-7.427117101986607, 109.90183310386521	Tanggalan
21	-7.428144965844611, 109.90264829323553	Tanggalan
22	-7.428856109723196, 109.90211612961302	Tanggalan
23	-7.428957593997524, 109.9016574271023	Tanggalan
24	-7.433027632882844, 109.89290762473722	Diwek
25	-7.433003164432057, 109.89195864016475	Diwek
26	-7.4328848017047475, 109.8912921812018	Diwek

Day 9 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
27	-7.433250461757378, 109.8912619919605	Diwek
28	-7.434033852113512, 109.89139325309917	Diwek
29	-7.439532670145928, 109.89236156980219	Kaliputih
30	-7.440365051688645, 109.8924587235366	Kaliputih
31	-7.439419803678791, 109.89215046754103	Kaliputih
32	-7.4393055203743375, 109.89184365258507	Kaliputih
33	-7.440753810976022, 109.89135951271726	Kaliputih
34	-7.444609565744244, 109.88947149139588	Njlegong
35	-7.443770350760887, 109.889105498053	Njlegong
36	-7.444497891199225, 109.88917228299685	Njlegong
37	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 10 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.420171915362668, 109.89212639401121	Karangsari
2	-7.416594293211318, 109.89598315815402	Karangsari
3	-7.416542583471802, 109.89608632099922	Karangsari
4	-7.417197735403331, 109.8961121709357	Karangsari
5	-7.417109325767948, 109.89596036538723	Karangsari
6	-7.416339026233582, 109.89649868101576	Karangsari
7	-7.415923295046516, 109.89719477072022	Jetis
8	-7.416065149196217, 109.8977528258338	Jetis
9	-7.415779882012848, 109.89788958863475	Jetis
10	-7.415692587096869, 109.89832188484954	Jetis
11	-7.415828205971718, 109.8983533245739	Jetis
12	-7.41634262201366, 109.89818826602104	Jetis
13	-7.4162495316802595, 109.89803050031077	Jetis
14	-7.416577049236053, 109.899356137805	Jetis
15	-7.417443903795375, 109.90039827467868	Jetis
16	-7.418795814467312, 109.90205888336607	Kroya
17	-7.419212200140981, 109.90277064366991	Kroya
18	-7.4190912562288975, 109.90442982354939	Kroya
19	-7.41985589937267, 109.904613304261	Kroya
20	-7.41938076649602, 109.90163478630737	Kroya
21	-7.419458318378259, 109.9014658598965	Kroya
22	-7.419706484316971, 109.9010576210578	Kroya
23	-7.419452114234627, 109.90081830864	Kroya
24	-7.41956999307358, 109.90037878713812	Kroya

Day 10 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
25	-7.421135316327441, 109.89846586098123	Kalimade
26	-7.421000380735696, 109.8981889917748	Kalimade
27	-7.4208587668961, 109.8981006894022	Kalimade
28	-7.420942005568407, 109.89798186275222	Kalimade
29	-7.421496569323711, 109.89783578228321	Kalimade
30	-7.421280647414227, 109.89739882816986	Kalimade
31	-7.421801186181955, 109.89797599696497	Kalimade
32	-7.422013545100755, 109.89748892917993	Kalimade
33	-7.422374814006504, 109.89752288028488	Kalimade
34	-7.423357281401714, 109.89813065081526	Dermayu
35	-7.4231380545298595, 109.89887632670369	Dermayu
36	-7.423689837219537, 109.89925665888008	Dermayu
37	-7.423858901810858, 109.89960701413554	Dermayu
38	-7.424258339871835, 109.89935783098655	Dermayu
39	-7.424436693497905, 109.89955830163844	Dermayu
40	-7.424332653897617, 109.89923604974942	Dermayu
41	-7.424282491937176, 109.89912176274242	Dermayu
42	-7.424498002543435, 109.89879201662318	Dermayu
43	-7.424392105104505, 109.89855407482175	Dermayu
44	-7.424221182868557, 109.89859716664404	Dermayu
45	-7.425486377422019, 109.89861215510233	Dermayu
46	-7.42537304883768, 109.89885384401876	Dermayu
47	-7.424934596990536, 109.89953019828421	Dermayu
48	-7.427127986476689, 109.90117152215085	Tanggalan
49	-7.427242723095933, 109.90108281313513	Tanggalan
50	-7.427306343648595, 109.90183892251576	Tanggalan
51	-7.427471790210893, 109.90165446998603	Tanggalan
52	-7.427190075082583, 109.90204003065993	Tanggalan
53	-7.427202483159741, 109.9022277266792	Tanggalan
54	-7.426880494078166, 109.90230361237688	Tanggalan
55	-7.4268794395981725, 109.90312390659525	Tanggalan
56	-7.427495190672461, 109.90257489575826	Tanggalan
57	-7.4280209824665135, 109.90250607388724	Tanggalan
58	-7.428197127684784, 109.90237491650862	Tanggalan
59	-7.428567439148845, 109.90221628039474	Tanggalan
60	-7.429083923638087, 109.90238520680597	Tanggalan
61	-7.429079270627589, 109.90202076371375	Tanggalan
62	-7.428924170243697, 109.9016359868858	Tanggalan
63	-7.433152237543839, 109.89192760104079	Diwek

Day 10 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
64	-7.433747841975979, 109.89166721448834	Diwek
65	-7.433639430903592, 109.89098426851434	Diwek
66	-7.434037849237276, 109.89126866694333	Diwek
67	-7.4338952056789305, 109.89176636419303	Diwek
68	-7.434218203098767, 109.89196478170216	Diwek
69	-7.43942384931156, 109.8943609286137	Banjaran
70	-7.441554691420586, 109.892830080049	Banjaran
71	-7.441639496069613, 109.89312098495034	Banjaran
72	-7.439515153886747, 109.89238104686163	Kaliputih
73	-7.439221671024833, 109.89213467723734	Kaliputih
74	-7.44154462938795, 109.89140055868472	Kaliputih
75	-7.444146561955174, 109.88971538133978	Njlegong
76	-7.444586471982825, 109.890008506897	Njlegong
77	-7.444472566753286, 109.88915883889318	Njlegong
78	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 10 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416692071494207, 109.89926661463576	Jetis
2	-7.418798625911535, 109.90207568360147	Kroya
3	-7.420167956933367, 109.90063353108324	Kroya
4	-7.419106014816511, 109.90444362029804	Kroya
5	-7.4275219986231455, 109.91128067111254	Balekambang
6	-7.430181067935566, 109.9095364607124	Balekambang
7	-7.431473027880876, 109.9082775477628	Balekambang
8	-7.431094088137504, 109.9077855485236	Balekambang
9	-7.431059172871706, 109.90693928917044	Balekambang
10	-7.430811773009093, 109.90837838258	Balekambang
11	-7.429998385749134, 109.90888021367124	Balekambang
12	-7.432828424584949, 109.90804807296172	Balekambang
13	-7.4333968877735614, 109.90786045594142	Balekambang
14	-7.4348150969486015, 109.90638555033411	Candi
15	-7.4349629242131465, 109.90460205971308	Candi
16	-7.437241701701125, 109.90197711210465	Candi
17	-7.43747042597266, 109.90201801482246	Candi
18	-7.439738622530975, 109.90132381187085	Sirunting
19	-7.43937376857297, 109.89985382054802	Sirunting
20	-7.449331137939902, 109.90253548378415	Pendekan

Day 10 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
21	-7.449380273959175, 109.90176521305416	Pendekan
22	-7.449439694216619, 109.90181361486079	Pendekan
23	-7.449299223551847, 109.9023102451132	Pendekan
24	-7.449352930327488, 109.90272050788433	Pendekan
25	-7.425679947447123, 109.91762599014757	Kemiri
26	-7.425648928948691, 109.91894434274006	Kemiri
27	-7.425196929911031, 109.9211912538215	Bendungan
28	-7.424640073349072, 109.92188490368268	Bendungan
29	-7.424528452056969, 109.92249391091589	Bendungan
30	-7.424932574854886, 109.92193923390948	Bendungan
31	-7.423119737896194, 109.92051877804107	Kemranggen
32	-7.422994900283791, 109.91866868185136	Kemranggen
33	-7.422421920880489, 109.92331616863264	Kemranggen
34	-7.4201387011774464, 109.92399459645085	Depok
35	-7.419752664402309, 109.92462522833578	Depok
36	-7.432819878158918, 109.90804892240847	Depok
37	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 11 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.420199384211242, 109.89215283837612	Karangsari
2	-7.416347839610081, 109.89475014480023	Karangsari
3	-7.416275889565459, 109.89613767976101	Karangsari
4	-7.416543881683208, 109.89610753028984	Karangsari
5	-7.417006996244523, 109.89598425894556	Karangsari
6	-7.417180632855248, 109.89593230568245	Karangsari
7	-7.417117820986513, 109.89640895123502	Karangsari
8	-7.416123912220852, 109.89684399543556	Jetis
9	-7.415877070844328, 109.89671838121929	Jetis
10	-7.415914782732011, 109.89740522593074	Jetis
11	-7.416197431487315, 109.89725674533706	Jetis
12	-7.416023216416234, 109.8977516129003	Jetis
13	-7.415702244035754, 109.89801360783089	Jetis
14	-7.41541550904089, 109.89796782520355	Jetis
15	-7.416085492491869, 109.89853608542452	Jetis
16	-7.416016198278903, 109.89816902120948	Jetis
17	-7.416751086428926, 109.89811028613218	Jetis
18	-7.41669143747768, 109.898971843437	Jetis

Day 11 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
19	-7.417007227312761, 109.8997213173696	Jetis
20	-7.419161778841419, 109.90234083019494	Kroya
21	-7.419433218721332, 109.90349823148499	Kroya
22	-7.419061620142146, 109.90466631633632	Kroya
23	-7.41925473452638, 109.9043631706042	Kroya
24	-7.419337659161811, 109.90206672908302	Kroya
25	-7.419613635421398, 109.90158790390605	Kroya
26	-7.419472437207566, 109.90145994494328	Kroya
27	-7.419436183604815, 109.90132044081096	Kroya
28	-7.419306007555892, 109.90058965171428	Kroya
29	-7.419577660787947, 109.90040555644445	Kroya
30	-7.4214131383599415, 109.89849952436596	Kalimade
31	-7.421246674885053, 109.89820715834318	Kalimade
32	-7.420823724373854, 109.89787540989433	Kalimade
33	-7.42094418227329, 109.89756896068914	Kalimade
34	-7.421395125461016, 109.89742133743898	Kalimade
35	-7.421440341043973, 109.89724028833017	Kalimade
36	-7.421610547492568, 109.89689772203508	Kalimade
37	-7.421806125138581, 109.89727101585548	Kalimade
38	-7.421779412095865, 109.89797046071725	Kalimade
39	-7.421860445620643, 109.89782855887105	Kalimade
40	-7.422212906967459, 109.89761986158275	Kalimade
41	-7.422375503068306, 109.89751163626958	Kalimade
42	-7.422718994155537, 109.89725476601012	Kalimade
43	-7.423265739461997, 109.8984253292056	Dermayu
44	-7.423427463243856, 109.89855876706021	Dermayu
45	-7.423346460868399, 109.89874824917236	Dermayu
46	-7.423121002210037, 109.89890891465714	Dermayu
47	-7.423771655191449, 109.8989801963887	Dermayu
48	-7.424072813129126, 109.89921620160825	Dermayu
49	-7.42392649538966, 109.89844472024276	Dermayu
50	-7.424353931911461, 109.89865241786147	Dermayu
51	-7.424458987439844, 109.89921625166565	Dermayu
52	-7.424661242039478, 109.89943753408255	Dermayu
53	-7.424776791651601, 109.89944180358425	Dermayu
54	-7.425391439408937, 109.89882740537084	Dermayu
55	-7.425512426671053, 109.8986370351183	Dermayu
56	-7.42693063877934, 109.9016861711549	Tanggalan
57	-7.427131938216432, 109.90126573455919	Tanggalan

Day 11 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
58	-7.427388529650276, 109.90138118612873	Tanggalan
59	-7.427708833304173, 109.90160619162792	Tanggalan
60	-7.427659555826765, 109.90209347347633	Tanggalan
61	-7.427077123045956, 109.90248084538177	Tanggalan
62	-7.426920847472694, 109.90300455183542	Tanggalan
63	-7.427242758556993, 109.90283877949898	Tanggalan
64	-7.428097995950537, 109.90286468410565	Tanggalan
65	-7.42889401356345, 109.90266913317063	Tanggalan
66	-7.4291054197739, 109.90204923171547	Tanggalan
67	-7.4287164136624915, 109.90171414821657	Tanggalan
68	-7.42848984446181, 109.90199952136378	Tanggalan
69	-7.425669413550943, 109.89579488644397	Remamas
70	-7.42642342654205, 109.89576260206263	Remamas
71	-7.426703578660729, 109.89532123340022	Remamas
72	-7.4256334057909985, 109.89524980430619	Remamas
73	-7.425432963771604, 109.8949663785085	Remamas
74	-7.424510469809902, 109.89430921654761	Remamas
75	-7.424430476036857, 109.89373300442924	Remamas
76	-7.425335088994322, 109.89333974855319	Remamas
77	-7.425546599064311, 109.89349021516355	Remamas
78	-7.425717118744312, 109.89373327661703	Remamas
79	-7.426169651413005, 109.89416814165932	Remamas
80	-7.433148827015857, 109.89318605734799	Diwek
81	-7.433233238735137, 109.8925842170703	Diwek
82	-7.433612731196535, 109.89171642208822	Diwek
83	-7.433814550457022, 109.89137078088558	Diwek
84	-7.434157222902274, 109.89129141388085	Diwek
85	-7.434130989619274, 109.89196437993122	Diwek
86	-7.441810525395524, 109.89287666665919	Banjaran
87	-7.441853731094341, 109.89330249094843	Banjaran
88	-7.439680086589483, 109.89240751637347	Kaliputih
89	-7.4393683648119655, 109.89220329446457	Kaliputih
90	-7.441003227746765, 109.89154927637144	Kaliputih
91	-7.444554355081132, 109.88985297821041	Njlegong
92	-7.444795713898792, 109.89008772999183	Njlegong
93	-7.44473942865953, 109.88951047150776	Njlegong
94	-7.444406082708174, 109.8890776486856	Njlegong
95	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 11 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416349631777545, 109.89461835975867	Karangsari
2	-7.416727628364422, 109.89564485979538	Karangsari
3	-7.416858971954295, 109.89621252466188	Karangsari
4	-7.4169372802497, 109.8962669949068	Karangsari
5	-7.416825437116695, 109.89654177121012	Karangsari
6	-7.416336791486452, 109.89648150378098	Karangsari
7	-7.415937751250692, 109.89663240169584	Jetis
8	-7.415961332541997, 109.89719171513478	Jetis
9	-7.415644997927922, 109.89741701960051	Jetis
10	-7.415495826494711, 109.89799423043308	Jetis
11	-7.415549211896839, 109.89832690727567	Jetis
12	-7.4161090738005395, 109.89836969973122	Jetis
13	-7.415906483270021, 109.89815021584336	Jetis
14	-7.416216105835841, 109.8975211318521	Jetis
15	-7.41641266456958, 109.89741280399586	Jetis
16	-7.417416598176252, 109.90039923798241	Jetis
17	-7.4176391744132335, 109.90110102263058	Jetis
18	-7.419188612899991, 109.90279391675462	Kroya
19	-7.4191097519112015, 109.90445491949396	Kroya
20	-7.419086183946841, 109.90401721173619	Kroya
21	-7.41987003134717, 109.90441581458397	Kroya
22	-7.419857628810409, 109.90456012920363	Kroya
23	-7.42020381924483, 109.9047749756012	Kroya
24	-7.419370591597838, 109.9022291160521	Kroya
25	-7.419428650428762, 109.90133326627286	Kroya
26	-7.419472089690391, 109.9007712809176	Kroya
27	-7.420100567757112, 109.90075939744905	Kroya
28	-7.421361142546758, 109.89828979259805	Kalimade
29	-7.421575322179556, 109.89812653697302	Kalimade
30	-7.421062007771377, 109.89793190031588	Kalimade
31	-7.421175621411429, 109.89784631540364	Kalimade
32	-7.420955510371085, 109.89756774297139	Kalimade
33	-7.421065365545421, 109.89710476878237	Kalimade
34	-7.421257202126965, 109.89710146182391	Kalimade
35	-7.421599884364064, 109.89729822585265	Kalimade
36	-7.421770509792152, 109.89798104428297	Kalimade
37	-7.4219265571834665, 109.89773809356436	Kalimade
38	-7.422192331416444, 109.89772312938018	Kalimade

Day 11 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
39	-7.423527336524643, 109.89819149612494	Dermayu
40	-7.423620417059556, 109.89811005241813	Dermayu
41	-7.4236984404397015, 109.89785605848382	Dermayu
42	-7.423734009767524, 109.8983888839971	Dermayu
43	-7.4237145827771185, 109.89929238442535	Dermayu
44	-7.423124916094409, 109.89885792057234	Dermayu
45	-7.4241074572162375, 109.89937010442888	Dermayu
46	-7.424421344543887, 109.89955500596774	Dermayu
47	-7.424613813881379, 109.89947776342227	Dermayu
48	-7.424534948456035, 109.89892296438317	Dermayu
49	-7.424601427457462, 109.89860780121309	Dermayu
50	-7.425497862185033, 109.89860791673712	Dermayu
51	-7.425599518162723, 109.89836981572729	Dermayu
52	-7.425209290242009, 109.90009439458507	Dermayu
53	-7.4254798264462645, 109.90030769341179	Dermayu
54	-7.4269800326852256, 109.90119095315042	Tanggalan
55	-7.427715088845952, 109.90149188074574	Tanggalan
56	-7.427552695954813, 109.9015905605721	Tanggalan
57	-7.427322717818055, 109.90184899218436	Tanggalan
58	-7.426801019969716, 109.90212226353125	Tanggalan
59	-7.426642036942309, 109.90218310740013	Tanggalan
60	-7.425391481727387, 109.90280223851481	Tanggalan
61	-7.427107968002193, 109.90250385209046	Tanggalan
62	-7.427903173570985, 109.9027225737337	Tanggalan
63	-7.4283553705874485, 109.90285156339598	Tanggalan
64	-7.428807567147095, 109.90234602814876	Tanggalan
65	-7.4288450348404655, 109.90251149973574	Tanggalan
66	-7.429092378601416, 109.90238754270821	Tanggalan
67	-7.428920468979772, 109.90166359955225	Tanggalan
68	-7.432776894990091, 109.89335048315786	Diwek
69	-7.433069210952929, 109.8927863816548	Diwek
70	-7.432868977755599, 109.89128829579346	Diwek
71	-7.433110936816202, 109.89139235773641	Diwek
72	-7.4335055084881905, 109.89137758829625	Diwek
73	-7.434013423557493, 109.89140562954461	Diwek
74	-7.434289950267015, 109.89167351585587	Diwek
75	-7.433814204362598, 109.89175303658101	Diwek
76	-7.43395334386454, 109.89193142651061	Diwek
77	-7.433020353324667, 109.89193686522783	Diwek

Day 11 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
78	-7.440980186156099, 109.89345967062648	Banjaran
79	-7.441530028977844, 109.89280054517697	Banjaran
80	-7.441870485869991, 109.89293008133993	Banjaran
81	-7.441403992459108, 109.89347844039654	Banjaran
82	-7.438765001965262, 109.89350586524999	Banjaran
83	-7.438645917294227, 109.89346997466983	Banjaran
84	-7.43934944274665, 109.89253208484746	Kaliputih
85	-7.439253211316898, 109.89189829985885	Kaliputih
86	-7.441615591814926, 109.89110607651281	Kaliputih
87	-7.442669386785704, 109.89036525798204	Kaliputih
88	-7.443917986748808, 109.88976700770615	Njlegong
89	-7.444425799385524, 109.88975044288276	Njlegong
90	-7.44477209714705, 109.89006931570094	Njlegong
91	-7.444941824017487, 109.88948678613713	Njlegong
92	-7.444844641706946, 109.88956132783488	Njlegong
93	-7.444072657504533, 109.88940948362988	Njlegong
94	-7.44352804309868, 109.88971511922506	Njlegong
95	-7.443808405273556, 109.88909837147045	Njlegong
96	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 12 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.419032655982633, 109.87219567680032	Depot
1	-7.4167210958892404, 109.89567591511606	Karangsari
2	-7.41616353194799, 109.89628798376657	Karangsari
3	-7.4166606708701455, 109.89601816185217	Karangsari
4	-7.4171829090582255, 109.89608965759761	Karangsari
5	-7.417171757798061, 109.89588724119547	Karangsari
6	-7.416859522398861, 109.89622620834534	Karangsari
7	-7.416620566584841, 109.89637721740884	Karangsari
8	-7.416344970718118, 109.89648003209439	Karangsari
9	-7.416157038041131, 109.89653913357702	Jetis
10	-7.415935495911467, 109.89660778640936	Jetis
11	-7.416054974016606, 109.89694675356341	Jetis
12	-7.415927530698968, 109.89719575787151	Jetis
13	-7.415649862968204, 109.89741548718098	Jetis
14	-7.4156881803456125, 109.89799469108688	Jetis
15	-7.415404618678867, 109.89796738094249	Jetis
16	-7.415721634237588, 109.89854731999944	Jetis

Day 12 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
17	-7.416143661914535, 109.89851860526917	Jetis
18	-7.416061499680707, 109.89828795395871	Jetis
19	-7.4159926610405575, 109.8978658396673	Jetis
20	-7.416077043888073, 109.89776842867246	Jetis
21	-7.416683000681909, 109.89903819377128	Jetis
22	-7.41655818173262, 109.89936905592451	Jetis
23	-7.41739960139128, 109.90038997737085	Jetis
24	-7.41920756295434, 109.90275334731145	Kroya
25	-7.419274581051999, 109.90436165944735	Kroya
26	-7.419074939274753, 109.90404016005492	Kroya
27	-7.419824967144276, 109.9046075072161	Kroya
28	-7.4191826150485465, 109.90170959606745	Kroya
29	-7.419400698985264, 109.90161705998501	Kroya
30	-7.419464150985831, 109.9014438248755	Kroya
31	-7.419589507351409, 109.90107550517295	Kroya
32	-7.420056885090636, 109.90075712713225	Kroya
33	-7.419408437038464, 109.90038724675763	Kroya
34	-7.42110699548679, 109.89866616442886	Kalimade
35	-7.4213550068302006, 109.89828714218402	Kalimade
36	-7.4214441790844585, 109.8981101568916	Kalimade
37	-7.4209061853518286, 109.89802725111706	Kalimade
38	-7.420845011305082, 109.89776553274429	Kalimade
39	-7.421221324239156, 109.89730939502415	Kalimade
40	-7.420979968979634, 109.89718338412568	Kalimade
41	-7.421798821084078, 109.89717009361961	Kalimade
42	-7.421605969106266, 109.89740196488465	Kalimade
43	-7.421885043317979, 109.89774984609942	Kalimade
44	-7.4217752224691065, 109.89790619720522	Kalimade
45	-7.422214240684886, 109.89772013215521	Kalimade
46	-7.423354554575053, 109.89814578489047	Dermayu
47	-7.423502914682479, 109.89871208107374	Dermayu
48	-7.423128157762164, 109.89889977695161	Dermayu
49	-7.42376253233833, 109.89937925368208	Dermayu
50	-7.423721010012453, 109.89953598872084	Dermayu
51	-7.423894491395011, 109.89948734700631	Dermayu
52	-7.424056913065626, 109.89954355444367	Dermayu
53	-7.4244134772787715, 109.89955889091627	Dermayu
54	-7.424654650439044, 109.89944195510388	Dermayu
55	-7.424340411273232, 109.89924541003637	Dermayu

Day 12 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
56	-7.424536239733818, 109.8989368362279	Dermayu
57	-7.424395679988045, 109.89881813655565	Dermayu
58	-7.424330542529634, 109.89865103507529	Dermayu
59	-7.424482529922237, 109.89862913901604	Dermayu
60	-7.425376647266331, 109.89862507722157	Dermayu
61	-7.425474645813155, 109.90036745498662	Tanggalan
62	-7.427040391226072, 109.90121652286832	Tanggalan
63	-7.427154874300795, 109.90118092526143	Tanggalan
64	-7.427710116785223, 109.90148783435471	Tanggalan
65	-7.427636656907399, 109.9018678628576	Tanggalan
66	-7.427045161359249, 109.90178512247726	Tanggalan
67	-7.427158445074537, 109.90221939177678	Tanggalan
68	-7.426783791285617, 109.90212345187246	Tanggalan
69	-7.42655295448179, 109.90196787463196	Tanggalan
70	-7.426879782793878, 109.90309955501236	Tanggalan
71	-7.427461032643311, 109.90280079672958	Tanggalan
72	-7.42750339341134, 109.9025883786375	Tanggalan
73	-7.427746800009781, 109.90243395382112	Tanggalan
74	-7.428002612276582, 109.90236875079174	Tanggalan
75	-7.428446995000919, 109.90255639525515	Tanggalan
76	-7.429063065276895, 109.90238951810433	Tanggalan
77	-7.4289070548335765, 109.90208319572439	Tanggalan
78	-7.428912768586491, 109.90163605520843	Tanggalan
79	-7.42865222137248, 109.9018492536489	Tanggalan
80	-7.432813180452434, 109.89324846659268	Diwek
81	-7.433134660191969, 109.89240553449902	Diwek
82	-7.433573501991107, 109.89169010613884	Diwek
83	-7.433765333116181, 109.89102210052062	Diwek
84	-7.433842050691817, 109.89174621429184	Diwek
85	-7.433921441050461, 109.89177658313169	Diwek
86	-7.439432118191742, 109.89435908822273	Banjaran
87	-7.441102677981096, 109.8933133808095	Banjaran
88	-7.441208604464011, 109.89294069416212	Banjaran
89	-7.441879085720358, 109.89294328405214	Banjaran
90	-7.438766453436288, 109.89350400881135	Kaliputih
91	-7.438630943793876, 109.89344327113169	Kaliputih
92	-7.43892119952873, 109.89214651102641	Kaliputih
93	-7.4394370254450815, 109.89249704080638	Kaliputih
94	-7.439311178043182, 109.8918686318801	Kaliputih

Day 12 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
95	-7.439795161950956, 109.89180826494555	Kaliputih
96	-7.440766816863992, 109.89136245956838	Njlegong
97	-7.442004395785178, 109.8910843420419	Njlegong
98	-7.444687588216583, 109.88942569172598	Njlegong
99	-7.444842734915638, 109.8896098854883	Njlegong
100	-7.418972198175339, 109.87216815937359	depot

Day 12 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416417499000941, 109.89743483361669	Jetis
2	-7.416706755914771, 109.89922508800962	Jetis
3	-7.417754624463092, 109.90076774878938	Jetis
4	-7.41909807494951, 109.90443834561819	Kroya
5	-7.420859295309982, 109.89810395122095	Kalimade
6	-7.4212257112264455, 109.89731955330775	Kalimade
7	-7.424463359102726, 109.89882432036715	Dermayu
8	-7.424933773645294, 109.89932407689517	Dermayu
9	-7.427224468209403, 109.90224892575836	Tanggalan
10	-7.427501960527005, 109.90257140241435	Tanggalan
11	-7.4280549631294726, 109.90239609138605	Tanggalan
12	-7.43294666336108, 109.89231143174594	Diwek
13	-7.4337381483481115, 109.89168095939432	Diwek
14	-7.439192742780093, 109.8924580773318	Kaliputih
15	-7.441623621703915, 109.89138686287107	Kaliputih
16	-7.444604403213198, 109.8900076359174	Njlegong
17	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 13 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.419036500309344, 109.87219449548677	Depot
1	-7.420171564326287, 109.89212723530284	Karangsari
2	-7.416312222634292, 109.89471567552346	Karangsari
3	-7.416177620267647, 109.89630193028471	Karangsari
4	-7.416105070978062, 109.89640408001867	Karangsari
5	-7.416473887950443, 109.89615296683695	Karangsari
6	-7.417074741862844, 109.8958120270897	Karangsari
7	-7.4169960389375476, 109.89607162332956	Karangsari
8	-7.416840272689761, 109.89655443926614	Karangsari

Day 13 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
9	-7.416548415779446, 109.89666852934003	Karangsari
10	-7.416054124193541, 109.89701413634937	Jetis
11	-7.416163632563259, 109.89712042728877	Jetis
12	-7.4155449099080295, 109.89772504329085	Jetis
13	-7.415815642813345, 109.89787422240816	Jetis
14	-7.415417207969669, 109.89815035344037	Jetis
15	-7.415681191589545, 109.89833388963544	Jetis
16	-7.416298568730099, 109.898302746674	Jetis
17	-7.416308388777612, 109.8974649621422	Jetis
18	-7.415250482711047, 109.90028506799214	Jetis
19	-7.41614620277667, 109.89981462058758	Jetis
20	-7.416572538947044, 109.89934214231265	Jetis
21	-7.417414420820653, 109.90038194709659	Jetis
22	-7.417360155786154, 109.90028813631713	Jetis
23	-7.419174317736052, 109.90216108170847	Kroya
24	-7.419038187100312, 109.90467408411466	Kroya
25	-7.419021390863574, 109.9040669206538	Kroya
26	-7.419670617238354, 109.9014214260462	Kroya
27	-7.4192295484727, 109.90103437822559	Kroya
28	-7.419498832614443, 109.9008096407862	Kroya
29	-7.420109281603927, 109.9006321350308	Kroya
30	-7.4211470712904815, 109.8984723073893	Kalimade
31	-7.421018714057949, 109.8981851431101	Kalimade
32	-7.4209464456822705, 109.89800131446262	Kalimade
33	-7.421123341385724, 109.8974520040018	Kalimade
34	-7.421422122380755, 109.89738782713229	Kalimade
35	-7.421532142770518, 109.89702125758035	Kalimade
36	-7.421882697743275, 109.89750421568512	Kalimade
37	-7.4220811656664605, 109.89771850115294	Kalimade
38	-7.422362687947296, 109.8975042156879	Kalimade
39	-7.423298410303331, 109.89815404125662	Dermayu
40	-7.4236696390944115, 109.89791064334601	Dermayu
41	-7.423997150845808, 109.89819419746738	Dermayu
42	-7.42370796235997, 109.89870555935511	Dermayu
43	-7.424041649366402, 109.89932671589997	Dermayu
44	-7.424018794100531, 109.89912965139554	Dermayu
45	-7.424231348031378, 109.89868135845217	Dermayu
46	-7.424283915115679, 109.89858340241196	Dermayu
47	-7.424459900531776, 109.89880121054908	Dermayu

Day 13 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
48	-7.424502182729902, 109.89911466988126	Dermayu
49	-7.424573033972319, 109.89916652896136	Dermayu
50	-7.4246221727330655, 109.8994569398127	Dermayu
51	-7.424414190044498, 109.8995514385809	Dermayu
52	-7.424937574868162, 109.89956296282425	Dermayu
53	-7.425472759468603, 109.90037198466244	Dermayu
54	-7.425699844032534, 109.90265262705698	Tanggalan
55	-7.426659595798021, 109.90215233637	Tanggalan
56	-7.426754998442319, 109.901665515053	Tanggalan
57	-7.427077459230688, 109.90137303741655	Tanggalan
58	-7.427220563058362, 109.90110557432158	Tanggalan
59	-7.427360830584797, 109.90146050357323	Tanggalan
60	-7.427316945465036, 109.90187356375858	Tanggalan
61	-7.427149739864264, 109.90196432408376	Tanggalan
62	-7.427156389127428, 109.90223254498123	Tanggalan
63	-7.427644276129033, 109.9022946098833	Tanggalan
64	-7.427285384326509, 109.90255750101011	Tanggalan
65	-7.428014945538074, 109.90250127673026	Tanggalan
66	-7.427909262058073, 109.90269227439097	Tanggalan
67	-7.428747871200571, 109.90226248894167	Tanggalan
68	-7.428795006092367, 109.90232586744052	Tanggalan
69	-7.429062103719175, 109.90239518767224	Tanggalan
70	-7.42910138276794, 109.90204066419425	Tanggalan
71	-7.428924627020456, 109.90162474279245	Tanggalan
72	-7.428783222371603, 109.90170198533795	Tanggalan
73	-7.432790136434674, 109.89350634552272	Diwek
74	-7.432895077879068, 109.89299450966713	Diwek
75	-7.432998111278429, 109.89190156693314	Diwek
76	-7.433124040948721, 109.8913916552694	Diwek
77	-7.433463669276984, 109.8912800519591	Diwek
78	-7.434011271700083, 109.89086057746424	Diwek
79	-7.434015087748991, 109.89131083908306	Diwek
80	-7.4343604394409395, 109.89168605709419	Diwek
81	-7.433673551826788, 109.8921440154887	Diwek
82	-7.438617715275817, 109.89388841555478	Banjaran
83	-7.440983492138563, 109.89347499088053	Banjaran
84	-7.441916918837771, 109.89278905468942	Banjaran
85	-7.441436161829472, 109.89361650065457	Banjaran
86	-7.441380309832151, 109.89350116566867	Banjaran

Day 13 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
87	-7.438769458108485, 109.8924509453294	Kaliputih
88	-7.439044730016502, 109.89256030621723	Kaliputih
89	-7.439212004775446, 109.89266694439968	Kaliputih
90	-7.439662812218562, 109.89241213454414	Kaliputih
91	-7.440281175648587, 109.89245639099288	Kaliputih
92	-7.439742084422257, 109.89202165640975	Kaliputih
93	-7.441559129993012, 109.89138963206095	Njlegong
94	-7.441884414596348, 109.89113323982221	Njlegong
95	-7.442440617410165, 109.89053312523131	Njlegong
96	-7.443663092706324, 109.88990890399832	Njlegong
97	-7.444597942969711, 109.89000680462442	Njlegong
98	-7.44490246701624, 109.88942074196075	Njlegong
99	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 13 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot
1	-7.416323984800297, 109.89611802873509	Karangsari
2	-7.4165438905612175, 109.89613096639266	Karangsari
3	-7.416569012917624, 109.89666768917077	Karangsari
4	-7.416186549810024, 109.89655130320786	Jetis
5	-7.416065835339962, 109.89693522967104	Jetis
6	-7.41606428771559, 109.89776707034027	Jetis
7	-7.415988454249947, 109.89789036379658	Jetis
8	-7.415733096561596, 109.89853336259645	Jetis
9	-7.416234526066344, 109.89831954988968	Jetis
10	-7.416697463606291, 109.89921729321883	Jetis
11	-7.419166334107951, 109.90222747515548	Kroya
12	-7.419185664415767, 109.90439021336717	Kroya
13	-7.4190227902192785, 109.90406606580966	Kroya
14	-7.419161120038535, 109.90169931662105	Kroya
15	-7.419583775370189, 109.90107729179428	Kroya
16	-7.419955201430466, 109.90090561736142	Kroya
17	-7.420120795454843, 109.90063405961308	Kroya
18	-7.419484728368361, 109.90021111623155	Kroya
19	-7.421196669267944, 109.89860654888639	Kalimade
20	-7.421154602620795, 109.89849124807822	Kalimade
21	-7.421645567826298, 109.89814708951535	Kalimade
22	-7.42091045626653, 109.89800974996754	Kalimade

Day 13 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
23	-7.421114397048117, 109.89747300981644	Kalimade
24	-7.422126547735541, 109.89749357340253	Kalimade
25	-7.422352705627324, 109.8975122675714	Kalimade
26	-7.423341619670918, 109.89842128820922	Dermayu
27	-7.423512391916207, 109.89870693925738	Dermayu
28	-7.423971886468386, 109.89848830282082	Dermayu
29	-7.424201633564156, 109.8985916384519	Dermayu
30	-7.424004652439206, 109.89913782790734	Dermayu
31	-7.42447353750458, 109.89936493369872	Dermayu
32	-7.424516173575785, 109.89917340359413	Dermayu
33	-7.424443821452081, 109.8987994638647	Dermayu
34	-7.424960622079338, 109.89963203351071	Dermayu
35	-7.4267705591164095, 109.9016756467992	Tanggalan
36	-7.426595143665572, 109.90200033565931	Tanggalan
37	-7.427068099097744, 109.90137782874066	Tanggalan
38	-7.427275987954197, 109.90159185818963	Tanggalan
39	-7.427645401288736, 109.90184909747708	Tanggalan
40	-7.427661662938466, 109.90230382135975	Tanggalan
41	-7.427451191892246, 109.90280791992716	Tanggalan
42	-7.427505357246126, 109.90256913639504	Tanggalan
43	-7.4280046049264286, 109.90237154113191	Tanggalan
44	-7.428060160576725, 109.90236502650274	Tanggalan
45	-7.4288666361618025, 109.90215186242855	Tanggalan
46	-7.432596852683295, 109.89318330183963	Diwek
47	-7.432980813497046, 109.89186953847677	Diwek
48	-7.433523518390715, 109.89158072664682	Diwek
49	-7.433427125688114, 109.89126853402689	Diwek
50	-7.434252024099396, 109.8917975790032	Diwek
51	-7.434237194478813, 109.89199386777621	Diwek
52	-7.438560978608701, 109.8935361083638	Banjaran
53	-7.439435241855969, 109.89437682756729	Banjaran
54	-7.441043543267731, 109.89332366419167	Banjaran
55	-7.4388301670749195, 109.8923195931874	Kaliputih
56	-7.438836163761785, 109.89267739974551	Kaliputih
57	-7.440269462887575, 109.89247208123896	Kaliputih
58	-7.439378081030016, 109.89216930996646	Kaliputih
59	-7.442424059920619, 109.89058574514922	Njlegong
60	-7.444168456364828, 109.8897742598031	Njlegong
61	-7.444867936048009, 109.8897399249183	Njlegong

Day 13 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
62	-7.444553789342996, 109.88934195236712	Njlegong
63	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 14 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.419035067543199, 109.87220587667882	Depot
1	-7.416353250513454, 109.89461458833391	Karangsari
2	-7.416832627246897, 109.89566498684756	Karangsari
3	-7.416273711667575, 109.89614519333259	Karangsari
4	-7.4171775337758055, 109.89604502714286	Karangsari
5	-7.416933297644825, 109.89630286926784	Karangsari
6	-7.4166356346705, 109.89640100321179	Karangsari
7	-7.416198680332441, 109.89650298554379	Karangsari
8	-7.416067904107849, 109.89727263011653	Jetis
9	-7.416194243273793, 109.89721898593704	Jetis
10	-7.415962843089345, 109.89720021047482	Jetis
11	-7.41560510347881, 109.8974214927205	Jetis
12	-7.415692876045898, 109.89800621428348	Jetis
13	-7.415509351562853, 109.89792306580527	Jetis
14	-7.415408280075746, 109.89815910019503	Jetis
15	-7.415824534867161, 109.89835892477025	Jetis
16	-7.41598013160824, 109.89832271494951	Jetis
17	-7.416115780007796, 109.89839379348639	Jetis
18	-7.416222170874239, 109.89789624371619	Jetis
19	-7.417069307252279, 109.89801962533349	Jetis
20	-7.4166848742486975, 109.89898437344306	Jetis
21	-7.416690425496195, 109.89928778958843	Jetis
22	-7.4174225264226825, 109.90039227507826	Jetis
23	-7.41754620544153, 109.90092737577488	Jetis
24	-7.419187276410724, 109.90276334784818	Kroya
25	-7.419093620159244, 109.90441778943338	Kroya
26	-7.419273635622832, 109.90436449467207	Kroya
27	-7.419855506743168, 109.90441794098895	Kroya
28	-7.419401833054999, 109.90163256607408	Kroya
29	-7.4194731985554885, 109.90132031756434	Kroya
30	-7.41947204749892, 109.90113227199157	Kroya
31	-7.41977132204805, 109.90098485354675	Kroya
32	-7.419623986913136, 109.90094190486606	Kroya
33	-7.420070596394745, 109.90075385929575	Kroya

Day 14 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
34	-7.419574604023648, 109.90038442979852	Kroya
35	-7.421339058519991, 109.89856755893918	Kalimade
36	-7.42143858001213, 109.89802273542868	Kalimade
37	-7.421097363373903, 109.89817088919028	Kalimade
38	-7.420860369358591, 109.89810909449774	Kalimade
39	-7.420856915977964, 109.89772139517522	Kalimade
40	-7.421561912875627, 109.89764722342002	Kalimade
41	-7.421231011061757, 109.89731074541054	Kalimade
42	-7.421758517173611, 109.89728616711886	Kalimade
43	-7.421714777255715, 109.89738483300498	Kalimade
44	-7.421882452653891, 109.89775169318015	Kalimade
45	-7.422158203774137, 109.8974958586618	Kalimade
46	-7.423056538098525, 109.8983130388102	Dermayu
47	-7.423430004494833, 109.89855185451927	Dermayu
48	-7.423118422558938, 109.89887690030959	Dermayu
49	-7.4237951748684505, 109.89943219646776	Dermayu
50	-7.424056837753159, 109.89953629925976	Dermayu
51	-7.424219159915796, 109.89963881497233	Dermayu
52	-7.424422079858576, 109.89955457767708	Dermayu
53	-7.424516528931692, 109.89937512537912	Dermayu
54	-7.424363220117294, 109.89925641082344	Dermayu
55	-7.424541167843303, 109.898983091265	Dermayu
56	-7.424468619934882, 109.89872219532141	Dermayu
57	-7.424463144621142, 109.89860486116592	Dermayu
58	-7.424196222953014, 109.8986794028635	Dermayu
59	-7.425495240205597, 109.89863246919681	Dermayu
60	-7.425582845027193, 109.89845163655946	Dermayu
61	-7.4249121201943495, 109.89949107914283	Dermayu
62	-7.4268295741619506, 109.90153802719625	Tanggalan
63	-7.427182729908062, 109.901580819655	Tanggalan
64	-7.426924022821812, 109.90166916537085	Tanggalan
65	-7.42784386955831, 109.90142897545584	Tanggalan
66	-7.4275906381368175, 109.9016084276912	Tanggalan
67	-7.427856188921046, 109.90174646787221	Tanggalan
68	-7.427645390887978, 109.90228620499013	Tanggalan
69	-7.42678987834802, 109.90211089395933	Tanggalan
70	-7.427100600692068, 109.90247393963998	Tanggalan
71	-7.427013506757171, 109.90281881337575	Tanggalan
72	-7.427888549205883, 109.90272761826995	Tanggalan

Day 14 Pagi		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
73	-7.427735616387944, 109.90244330411932	Tanggalan
74	-7.428053231772472, 109.90237970956666	Tanggalan
75	-7.428312511056882, 109.90243614373938	Tanggalan
76	-7.428430867617121, 109.90213305412479	Tanggalan
77	-7.428337778193626, 109.9021424418562	Tanggalan
78	-7.428857812150368, 109.90251867955247	Tanggalan
79	-7.429329317410008, 109.90241426303649	Tanggalan
80	-7.428962945125577, 109.90193073424194	Tanggalan
81	-7.428907192797337, 109.90164318721631	Tanggalan
82	-7.432541132899393, 109.89359178217751	Diwek
83	-7.432593698989683, 109.89318382408065	Diwek
84	-7.433386005166214, 109.89212348619964	Diwek
85	-7.433738989447323, 109.89173095042719	Diwek
86	-7.433843930668658, 109.89102477088011	Diwek
87	-7.4339946643722135, 109.89089584981987	Diwek
88	-7.434030916777727, 109.89128838558534	Diwek
89	-7.434351464206548, 109.89170401169059	Diwek
90	-7.4339660440608, 109.89192336991249	Diwek
91	-7.434158754179181, 109.89218890882206	Diwek
92	-7.439410091926188, 109.89434165588267	Banjaran
93	-7.441095413614724, 109.89343179421692	Banjaran
94	-7.441406025028607, 109.8932840046869	Banjaran
95	-7.44125470154509, 109.8929884256266	Banjaran
96	-7.441987425292884, 109.89288722192482	Banjaran
97	-7.44121610614191, 109.89375140519253	Banjaran
98	-7.438669071499186, 109.89346845439312	Kaliputih
99	-7.4388526159131025, 109.89231303750499	Kaliputih
100	-7.439294115003403, 109.89243105469987	Kaliputih
101	-7.43935126714555, 109.89216366474608	Kaliputih
102	-7.440787790018679, 109.89135336154702	Kaliputih
103	-7.44259302402074, 109.89046427368308	Kaliputih
104	-7.443606192106741, 109.88970370436346	Njelgong
105	-7.444095558880025, 109.88941955299673	Njelgong
106	-7.443798973019308, 109.88909240503882	Njelgong
107	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 14 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
0	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

Day 14 Siang		
Urutan	**Titik di Maps**	**Daerah**
1	-7.41617989391319, 109.89654833234647	Karangsari
2	-7.416931012133764, 109.89634468927275	Karangsari
3	-7.415565479128621, 109.89831582645775	Jetis
4	-7.416229424956312, 109.89749136552867	Jetis
5	-7.416581648636165, 109.8993502277667	Jetis
6	-7.419189902168797, 109.90275238828062	Kroya
7	-7.420039909429979, 109.90438699784487	Kroya
8	-7.419861255739884, 109.900895636408	Kroya
9	-7.421142510814672, 109.89848249899154	Kalimade
10	-7.421360779982684, 109.89828889175911	Kalimade
11	-7.423297299301168, 109.89816836292881	Dermayu
12	-7.423947589389828, 109.89819481871608	Dermayu
13	-7.424492603985068, 109.89936497116521	Dermayu
14	-7.426862904444443, 109.90200039431537	Tanggalan
15	-7.426873381437866, 109.90309976976116	Tanggalan
16	-7.4282257746511275, 109.90215971612228	Tanggalan
17	-7.429174319432839, 109.90225019606679	Tanggalan
18	-7.433240033584656, 109.89226788899241	Diwek
19	-7.434256290044787, 109.89198738403618	Diwek
20	-7.441064421142732, 109.89331540696438	Banjaran
21	-7.438832286691861, 109.89231004878087	Kaliputih
22	-7.4435905154973865, 109.88971263326441	Njlegong
23	-7.443794462035881, 109.88909697405605	Njlegong
24	-7.443450901036801, 109.8891342449059	Njlegong
25	-7.418972198175339, 109.87216815937359	Depot

B- Hasil Optimasi Keseluruhan dengan *Constraint*

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
***Day* 1 Pagi**	48	66.4 menit	19.86 km	64.6 menit	19.32 km	2.7%	0, 1, 2, 6, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 10, 12, 13, 14, 16, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 21, 24, 25, 26, 32, 31, 30, 29, 27, 28, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 46, 45, 0
***Day* 1 Siang**	24	89.8 menit	26.89 km	89.4 menit	26.78 km	0.4%	0, 1, 4, 3, 2, 5, 6, 7, 13, 8, 9, 12, 11, 10, 14, 15, 17, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 0
***Day* 2 Pagi**	91	77.1 menit	23.06 km	74.2 menit	22.19 km	3.8%	0, 1, 5, 4, 3, 2, 6, 7, 13, 12, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 21, 18, 19, 20, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 32, 34, 35, 36, 37, 41, 40, 39, 38, 43, 42, 44, 45, 46, 48, 49, 51, 52, 50, 61, 60, 58, 59, 57, 56, 55, 54, 53, 47, 62, 69, 71, 70, 63, 64, 65, 66, 68, 67, 72, 74, 73, 75, 76, 78, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 88, 91, 0

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
***Day* 2 Siang**	78	80.5 menit	24.06 km	72.3 menit	21.61 km	10.2%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 15, 13, 14, 9, 10, 11, 17, 16, 18, 20, 19, 21, 22, 23, 26, 28, 27, 25, 24, 29, 31, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 36, 41, 40, 42, 38, 39, 44, 43, 45, 61, 58, 57, 56, 55, 53, 59, 52, 51, 50, 60, 49, 48, 47, 46, 54, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 69, 73, 72, 78, 74, 75, 76, 77, 0
***Day* 3 Pagi**	77	71.1 menit	21.28 km	69.9 menit	20.90 km	1.8%	0, 1, 6, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 32, 31, 33, 35, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 43, 38, 45, 46, 47, 48, 50, 49, 51, 52, 57, 56, 55, 54, 53, 58, 59, 62, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 68, 67, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 72, 76, 77, 0
***Day* 3 Siang**	51	64.6 menit	19.30 km	63.9 menit	19.10 km	1.1%	0, 1, 2, 3, 5, 4, 6, 7, 12, 11, 10, 9, 8, 14, 13, 15, 18, 17, 16, 19, 21, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 48, 50, 51, 0

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
***Day* 4 Pagi**	68	71.1 menit	21.24 km	69.8 menit	20.86 km	6.60%	0, 1, 2, 3, 4, 8, 7, 6, 5, 9, 10, 15, 14, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 24, 23, 25, 19, 22, 21, 20, 26, 28, 27, 33, 34, 32, 31, 29, 30, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 48, 47, 46, 44, 43, 42, 41, 45, 49, 50, 51, 52, 55, 53, 54, 56, 59, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 68, 67, 66, 65, 0
***Day* 4 Siang**	64	79.1 menit	23.71 km	68.4 menit	20.44 km	13.8%	0, 1, 2, 3, 4, 11, 5, 6, 7, 10, 8, 9, 13, 12, 14, 15, 20, 21, 23, 22, 16, 19, 18, 17, 64, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 31, 32, 33, 37, 38, 36, 35, 39, 40, 41, 45, 44, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 57, 53, 54, 56, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 0
***Day* 5 Pagi**	84	82.7 menit	24.73 km	79.4 menit	23.74 km	4.0%	0, 1, 2, 6, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 13, 14, 16, 15, 12, 10, 11, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 23, 24, 28, 27, 29, 31, 30, 26, 32, 37, 36, 35, 33, 34, 40, 38, 39, 41, 44, 42, 43, 45, 51, 50, 53, 52, 49, 48, 47, 46, 54, 57, 55, 56, 58, 59, 61, 60, 62, 63, 64, 65, 68, 70, 69, 71, 72, 67, 66, 74, 73,

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
							75, 76, 77, 78, 79, 84, 82, 83, 81, 80, 0
***Day* 5 Siang**	52	66.5 menit	19.87 km	64.6 menit	19.32 km	2.8%	0, 1, 2, 6, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 23, 22, 26, 27, 28, 36, 35, 34, 33, 32, 29, 30, 31, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 50, 49, 0
***Day* 6 Pagi**	118	75.4 menit	22.56 km	73.1 menit	21.85 km	3.2%	0, 1, 2, 3, 4, 6, 5, 15, 14, 12, 11, 10, 7, 9, 8, 13, 16, 18, 17, 28, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 31, 33, 35, 34, 40, 39, 38, 37, 36, 41, 42, 43, 44, 46, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 62, 65, 64, 72, 71, 70, 69, 67, 66, 68, 73, 74, 75, 82, 76, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 88, 78, 77, 79, 91, 90, 93, 92, 94, 95, 96, 99, 97, 98, 101, 102, 103, 100, 107, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 111, 117, 116, 112, 113, 114, 115, 0

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
***Day* 6 Siang**	90	76.6 menit	22.91 km	70.9 menit	21.21 km	7.4%	0, 1, 3, 2, 11, 4, 10, 8, 5, 6, 9, 7, 12, 13, 18, 17, 20, 19, 15, 16, 14, 21, 27, 22, 23, 26, 25, 24, 29, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 42, 41, 40, 39, 38, 37, 43, 36, 35, 44, 46, 45, 47, 48, 59, 49, 50, 51, 53, 52, 54, 58, 55, 56, 57, 60, 61, 63, 62, 65, 64, 66, 68, 67, 69, 70, 71, 73, 74, 76, 75, 72, 77, 78, 84, 79, 80, 82, 81, 85, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 0
***Day* 7 Pagi**	78	71.7 menit	21.45 km	70.1 menit	20.97 km	2.2%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 9, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 22, 21, 25, 24, 26, 27, 29, 30, 28, 35, 34, 32, 31, 33, 36, 37, 38, 40, 39, 42, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 71, 76, 75, 73, 74, 78, 77, 0
***Day* 7 Siang**	47	70.9 menit	21.20 km	64.6 menit	19.30 km	9.0%	0, 7, 1, 2, 5, 6, 3, 4, 8, 10, 9, 17, 16, 15, 14, 11, 13, 12, 18, 19, 22, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 27, 30, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 33, 38, 39, 40, 41, 43,

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
							42, 44, 45, 46, 47, 0
***Day* 8 Pagi**	83	73.0 menit	21.81 km	71.2 menit	21.28 km	2.4%	0, 1, 3, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 10, 9, 12, 11, 14, 15, 17, 18, 16, 19, 20, 23, 22, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 33, 39, 37, 36, 35, 38, 41, 40, 42, 45, 46, 44, 43, 48, 49, 47, 51, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 65, 66, 62, 60, 61, 70, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 79, 80, 78, 77, 76, 81, 82, 83, 0
***Day* 8 Siang**	45	95.7 menit	28.72 km	95.4 menit	28.62 km	0.4%	0, 1, 2, 4, 3, 7, 6, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 35, 38, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 0
***Day* 9 Pagi**	76	72.2 menit	21.58 km	71.9 menit	21.51 km	0.3%	0, 2, 1, 7, 6, 3, 4, 5, 8, 9, 15, 13, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 17, 19, 20, 21, 22, 27, 28, 26, 25, 23, 24, 32, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 47, 46, 44, 43, 49, 48, 52, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 59,

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
							58, 63, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 75, 74, 71, 72, 73, 76, 0
***Day* 9 Siang**	36	61.8 menit	18.48 km	59.3 menit	17.71 km	4.1%	0, 1, 4, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 19, 23, 22, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 30, 33, 35, 36, 34, 0
***Day* 10 Pagi**	77	72.1 menit	21.55 km	71.5 menit	21.39 km	0.7%	0, 1, 3, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 26, 25, 31, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 36, 37, 35, 44, 41, 40, 38, 39, 42, 43, 45, 46, 47, 49, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 72, 74, 75, 76, 77, 0
***Day* 10 Siang**	36	89.6 menit	26.81 km	89.4 menit	26.73 km	0.3%	0, 1, 3, 2, 4, 5, 6, 11, 10, 8, 9, 7, 12, 13, 14, 15, 17, 16, 18, 19, 24, 20, 23, 22, 21, 25, 26, 27, 30, 28, 29, 33, 31, 32, 35, 34, 36, 0

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
***Day* 11 Pagi**	94	77.1 menit	23.06 km	75.5 menit	22.58 km	2.1%	0, 1, 2, 4, 3, 7, 6, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 15, 17, 18, 19, 22, 23, 21, 20, 24, 25, 27, 26, 28, 29, 30, 31, 38, 39, 35, 36, 32, 33, 34, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 48, 52, 51, 50, 55, 54, 53, 57, 60, 58, 59, 68, 66, 65, 67, 64, 63, 62, 61, 56, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 79, 78, 76, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 0
***Day* 11 Siang**	95	75.5 menit	22.59 km	73.8 menit	22.09 km	2.2%	0, 1, 2, 6, 4, 3, 5, 7, 8, 9, 15, 14, 10, 11, 13, 12, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 20, 19, 24, 25, 27, 26, 28, 29, 36, 37, 31, 30, 33, 32, 34, 35, 38, 39, 40, 42, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 60, 54, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 56, 55, 64, 66, 65, 67, 68, 69, 77, 70, 71, 72, 75, 73, 74, 76, 78, 79, 80, 81, 83, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 0
***Day* 12**	99	74.4 menit	22.27 km	71.8 meni	21.46 km	3.6%	0, 1, 3, 2, 8, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 12, 20, 19, 14, 15, 16,

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
Pagi				t			18, 17, 21, 22, 23, 24, 26, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 38, 42, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 50, 55, 53, 54, 56, 57, 59, 58, 60, 61, 62, 63, 66, 69, 68, 70, 71, 72, 67, 65, 64, 73, 74, 75, 77, 76, 79, 78, 80, 81, 84, 82, 83, 85, 87, 89, 88, 86, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 98, 0
***Day* 12 Siang**	16	57.2 menit	17.10 km	57.2 menit	17.10 km	0.0%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 0
***Day* 13 Pagi**	98	76.4 menit	22.83 km	74.2 menit	22.17 km	2.9%	0, 1, 2, 5, 3, 4, 8, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 17, 13, 14, 15, 16, 20, 18, 19, 22, 21, 25, 24, 23, 26, 27, 29, 28, 30, 31, 32, 35, 33, 34, 37, 36, 38, 39, 40, 41, 47, 48, 49, 46, 45, 42, 44, 43, 51, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 57, 59, 60, 63, 61, 62, 64, 66, 65, 68, 69, 67, 70, 72, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 0

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
***Day* 13 Siang**	62	66.7 menit	19.93 km	65.8 menit	19.65 km	1.4%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 12, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 28, 29, 33, 32, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 39, 43, 44, 42, 41, 45, 46, 47, 49, 48, 51, 50, 52, 54, 53, 55, 56, 58, 57, 59, 60, 61, 62, 0
***Day* 14 Pagi**	106	73.7 menit	22.04 km	71.8 menit	21.46 km	2.6%	0, 1, 2, 3, 7, 4, 5, 6, 10, 11, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 25, 27, 28, 29, 31, 30, 32, 33, 34, 38, 35, 37, 36, 41, 39, 40, 44, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 54, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 63, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 77, 74, 73, 67, 66, 65, 76, 80, 79, 78, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 97, 95, 96, 94, 93, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 0
***Day* 14 Siang**	24	61.1 menit	18.27 km	60.6 menit	18.11 km	0.9%	0, 1, 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 23, 0

C – Hasil Keseluruhan Optimasi tanpa *Constraint*

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
Day 1 Pagi	48	66.4 menit	19.86 km	65.4 menit	19.55 km	1.56%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 11, 14, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 23, 21, 22, 19, 24, 25, 26, 32, 31, 30, 29, 27, 33, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 0
Day 1 Siang	24	89.8 menit	26.89 km	81.7 menit	24.46 km	9.07%	0, 7, 13, 8, 9, 12, 11, 10, 6, 5, 2, 3, 4, 14, 15, 17, 16, 18, 22, 23, 21, 20, 19, 1, 0
Day 2 Pagi	91	77.1 menit	23.06 km	77.1 menit	23.06 km	0.00%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 0
Day 2 Siang	78	80.5 menit	24.06 km	70.6 menit	21.17 km	12.03 %	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 9, 14, 13, 12, 15, 17, 18, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 28, 27, 26, 24, 25, 33, 34, 58, 57, 61, 45, 35, 32, 29, 30, 31, 37, 36, 41, 42, 40, 39, 38, 44, 43, 65, 78, 77, 76, 75, 74, 72, 73, 69, 71, 70, 67, 68, 66, 62, 63, 64, 54, 56, 55, 53, 52, 59, 51, 50, 60,

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
							49, 48, 47, 46, 0
Day 3 Pagi	77	71.1 menit	21.28 km	69.0 menit	20.69 km	2.73%	0, 1, 6, 4, 3, 2, 5, 7, 8, 9, 11, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 24, 26, 27, 29, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 34, 36, 37, 41, 40, 42, 39, 38, 43, 44, 45, 47, 46, 58, 59, 62, 60, 61, 70, 72, 75, 73, 74, 77, 76, 71, 69, 68, 67, 66, 65, 64, 63, 53, 55, 54, 57, 56, 52, 51, 49, 50, 48, 0
Day 3 Siang	51	64.6 menit	19.30 km	62.8 menit	18.83 km	2.44%	0, 2, 1, 3, 5, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 13, 15, 18, 17, 16, 19, 21, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 51, 50, 48, 49, 47, 46, 45, 44, 43, 42, 41, 40, 0
Day 4 Pagi	68	71.1 menit	21.24 km	67.7 menit	20.28 km	4.52%	0, 2, 3, 4, 8, 7, 5, 6, 9, 10, 15, 14, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 21, 20, 22, 19, 24, 23, 25, 26, 33, 27, 28, 30, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 48, 47, 46, 44, 43, 49, 50, 51, 52, 55, 54, 53, 56, 59, 58, 57, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 61, 60, 45, 42, 41, 1, 0
Day 4 Siang	64	79.1 menit	23.71 km	73.2 menit	21.96 km	7.41%	0, 13, 12, 14, 15, 64, 19, 17, 18, 16, 21, 23, 24, 30, 29, 33, 36, 35, 45, 41, 44, 42, 43, 46, 47, 48, 58, 59, 60, 61, 63, 62, 57, 52, 54, 56,

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
							55, 53, 50, 51, 49, 39, 40, 37, 38, 32, 31, 34, 28, 27, 26, 25, 22, 20, 9, 10, 8, 7, 6, 5, 11, 4, 3, 2, 1, 0
Day 5 Pagi	84	82.7 menit	24.73 km	74.0 menit	22.18 km	10.30 %	0, 1, 2, 6, 3, 4, 5, 8, 7, 9, 12, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 27, 28, 29, 31, 32, 37, 36, 35, 33, 34, 40, 39, 38, 41, 43, 42, 44, 67, 74, 73, 75, 80, 81, 83, 82, 84, 79, 78, 77, 76, 66, 71, 72, 69, 70, 68, 65, 64, 63, 62, 60, 61, 59, 58, 56, 55, 57, 53, 52, 54, 46, 47, 49, 48, 50, 51, 45, 0
Day 5 Siang	52	66.5 menit	19.87 km	65.9 menit	19.77 km	0.49%	0, 35, 36, 34, 33, 38, 49, 50, 51, 52, 48, 47, 46, 44, 45, 40, 43, 42, 41, 39, 32, 29, 30, 31, 37, 27, 28, 26, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 23, 22, 17, 15, 16, 14, 13, 11, 12, 10, 9, 8, 7, 5, 4, 3, 6, 2, 1, 0
Day 6 Pagi	118	75.4 menit	22.56 km	75.4 menit	22.56 km	0.00%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83,

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
							84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 0
Day 6 Siang	90	76.6 menit	22.91 km	68.9 menit	20.67 km	9.76%	0, 1, 3, 2, 11, 4, 10, 8, 5, 6, 9, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 27, 22, 23, 26, 25, 24, 30, 29, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 43, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 50, 53, 52, 51, 49, 48, 59, 46, 45, 47, 54, 57, 56, 55, 58, 78, 77, 84, 79, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 83, 81, 82, 80, 72, 73, 74, 75, 76, 67, 68, 66, 69, 71, 70, 64, 65, 62, 63, 61, 60, 0
Day 7 Pagi	78	71.7 menit	21.45 km	71.7 menit	21.43 km	0.09%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 78, 73, 74, 75, 76, 77, 0
Day 7 Siang	47	70.9 menit	21.20 km	58.4 menit	17.52 km	17.34 %	0, 7, 39, 40, 41, 43, 42, 47, 46, 45, 44, 38, 33, 37, 36, 35, 34, 31, 32, 29, 30, 27, 28, 26, 25, 24, 23, 21, 20, 22, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 11,

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
							12, 13, 9, 10, 8, 4, 3, 6, 5, 2, 1, 0
Day 8 Pagi	83	73.0 menit	21.81 km	71.8 menit	21.52 km	1.32%	0, 3, 2, 5, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 16, 20, 23, 22, 21, 24, 25, 26, 27, 30, 28, 29, 31, 32, 34, 33, 39, 37, 36, 35, 38, 40, 41, 42, 45, 46, 44, 43, 48, 49, 47, 51, 50, 58, 70, 67, 68, 69, 73, 74, 80, 79, 81, 82, 83, 78, 77, 76, 75, 72, 71, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 60, 59, 57, 56, 55, 54, 53, 52, 1, 0
Day 8 Siang	45	95.7 menit	28.72 km	85.2 menit	25.57 km	10.97 %	0, 1, 21, 20, 23, 22, 27, 28, 30, 29, 26, 24, 25, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 12, 13, 32, 40, 44, 45, 43, 42, 41, 39, 37, 38, 36, 35, 34, 33, 31, 11, 10, 9, 8, 6, 5, 7, 4, 3, 2, 0
Day 9 Pagi	76	72.2 menit	21.58 km	69.1 menit	20.74 km	3.90%	0, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 58, 63, 60, 61, 62, 66, 67, 68, 71, 72, 73, 76, 74, 75, 70, 69, 65, 64, 52, 51, 50, 48, 49, 43, 44, 46, 47, 45, 42, 41, 40, 39, 38, 37, 36, 35, 34, 33, 30, 31, 29, 32, 28, 27, 26, 25, 24, 23, 22, 21, 20, 19, 17, 18, 16, 14, 12, 11, 10, 13, 15, 9, 8, 7, 3, 4, 5, 6, 1, 2, 0

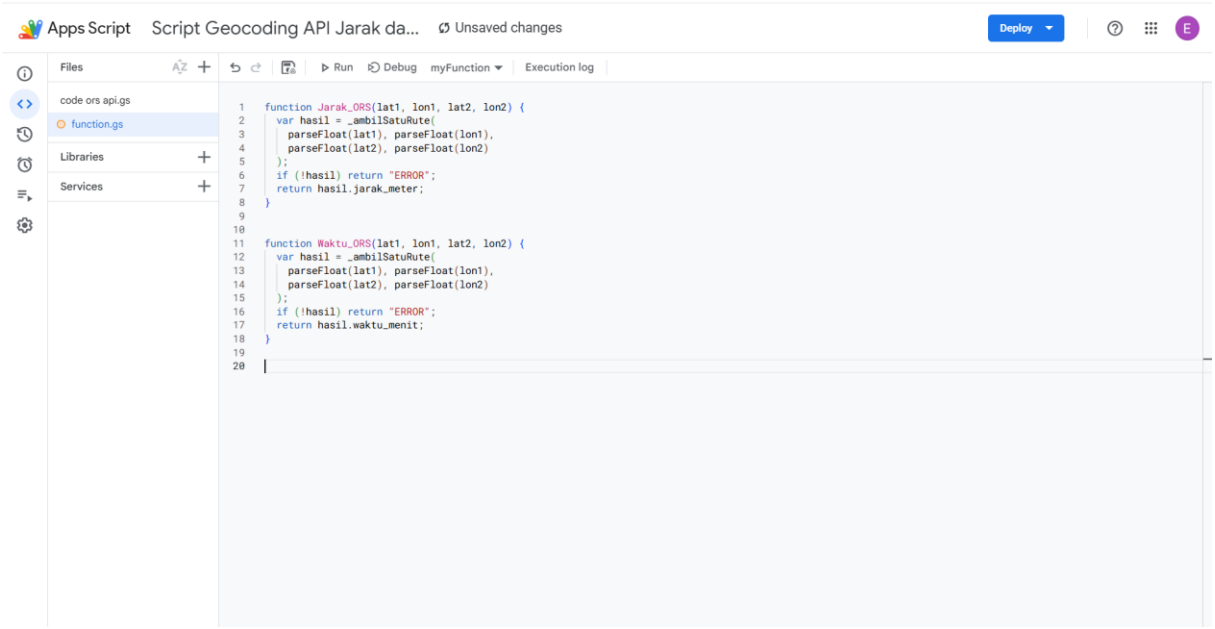
Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
Day 9 Siang	36	61.8 menit	18.48 km	57.8 menit	17.35 km	6.09%	0, 1, 4, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 19, 21, 22, 23, 32, 34, 36, 35, 33, 30, 31, 29, 28, 27, 26, 25, 24, 0
Day 10 Pagi	77	72.1 menit	21.55 km	72.1 menit	21.55 km	0.00%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 0
Day 10 Siang	36	89.6 menit	26.81 km	79.7 menit	23.78 km	11.31 %	0, 1, 3, 2, 4, 32, 31, 35, 34, 33, 29, 28, 30, 27, 26, 25, 5, 6, 11, 10, 8, 9, 7, 36, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 18, 22, 21, 23, 20, 24, 0
Day 11 Pagi	94	77.1 menit	23.06 km	77.1 menit	23.06 km	0.00%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 0

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
Day 11 Siang	95	75.5 menit	22.59 km	75.5 menit	22.59 km	0.00%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 0
Day 12 Pagi	99	74.4 menit	22.27 km	74.4 menit	22.27 km	0.00%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 0
Day 12 Siang	16	57.2 menit	17.10 km	56.3 menit	16.89 km	1.22%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 13, 12, 0
Day 13 Pagi	98	76.4 menit	22.83 km	76.4 menit	22.83 km	0.00%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29,

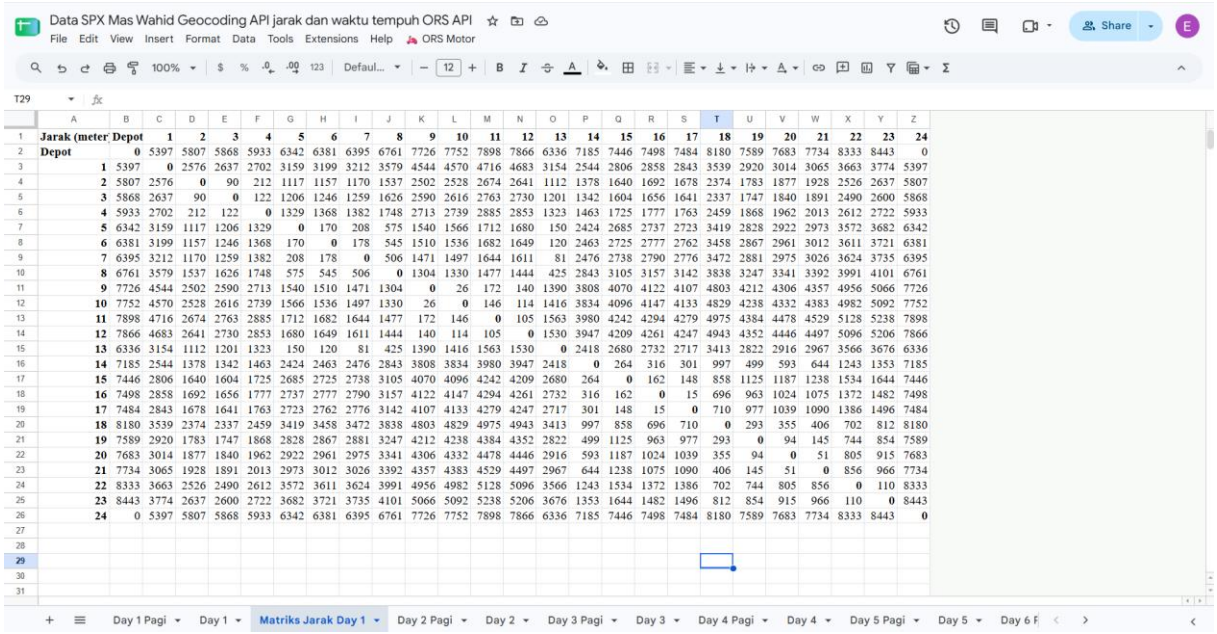
Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
							30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 0
Day 13 Siang	62	66.7 menit	19.93 km	66.3 menit	19.80 km	0.63%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 57, 59, 60, 61, 62, 0
Day 14 Pagi	106	73.7 menit	22.04 km	73.7 menit	22.04 km	0.00%	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 0

Periode	Jumlah Titik Pengantaran	Waktu Aktual	Jarak Rute Aktual	Waktu Optimasi	Jarak Rute Optimasi	Penghematan Jarak	Rute Optimasi
Day 14 Siang	24	61.1 menit	18.27 km	59.7 menit	17.92 km	1.89%	0, 1, 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 24, 23, 19, 18, 0

D - Pencarian Jarak dan Waktu Tempuh dengan ORS

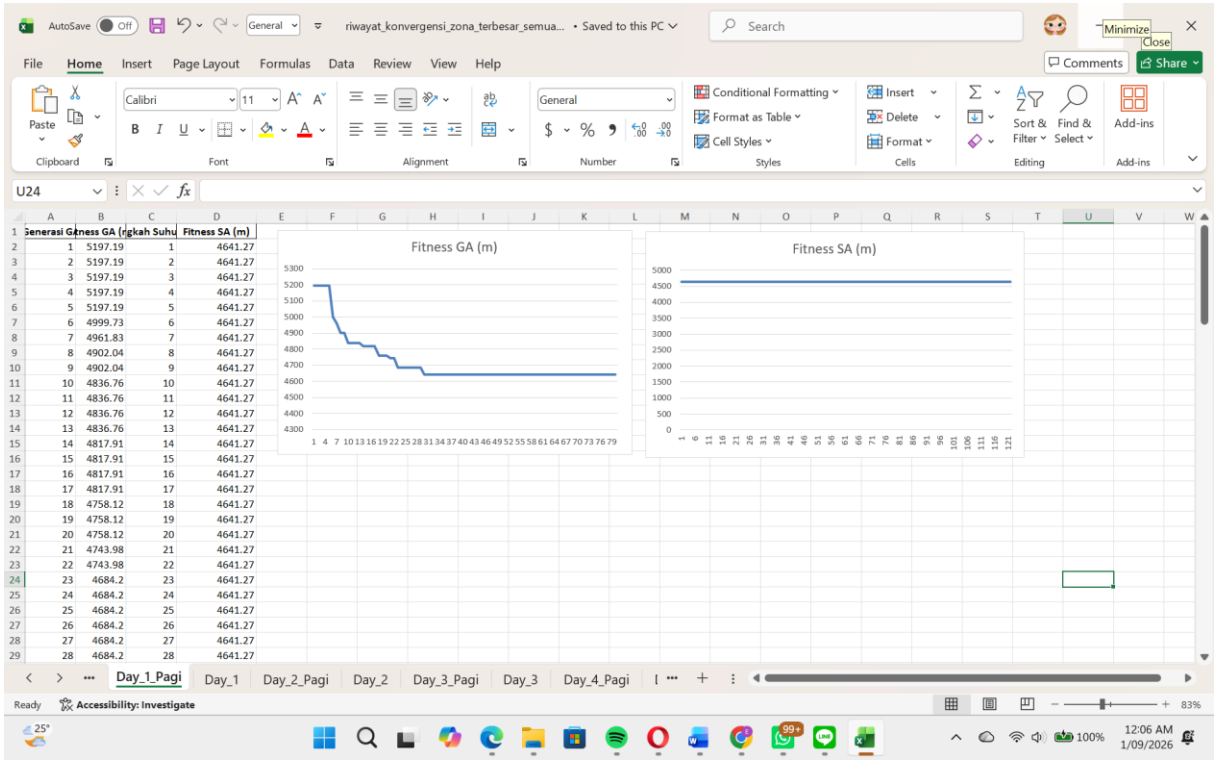


E- Matriks Jarak



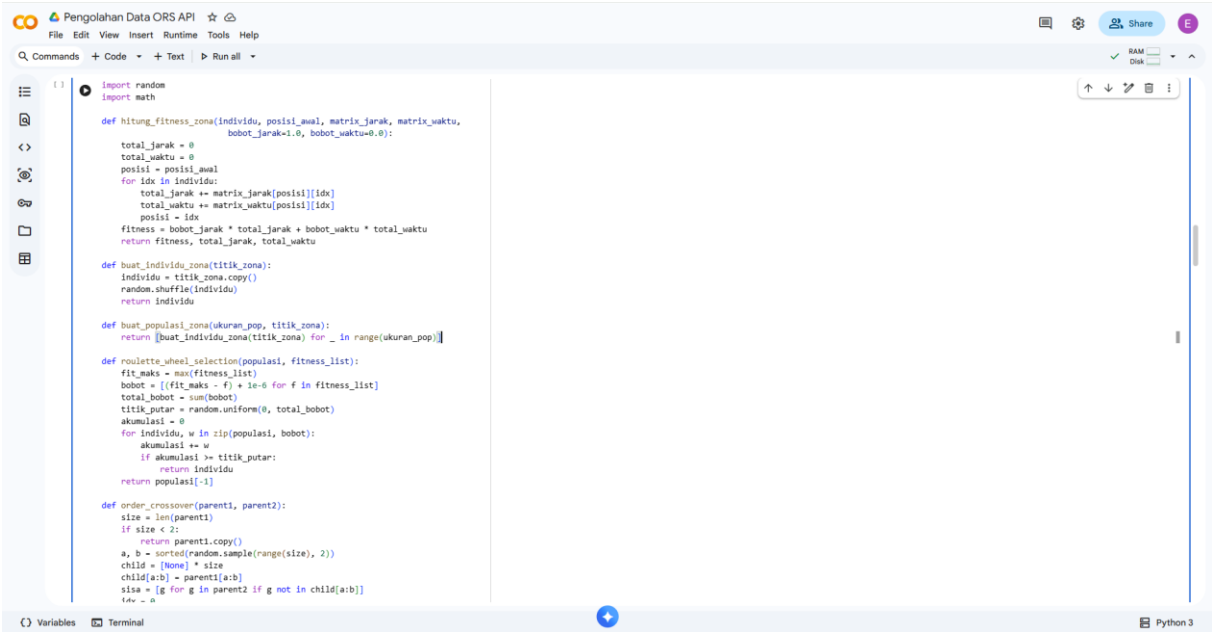
Jarak (meter	Depot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Depot	0	5397	5807	5868	5933	6342	6381	6395	6761	7726	7752	7898	7866	6336	7185	7446	7498	7484	8180	7589	7683	7734	8333	8443	0
1	5397	0	2576	2637	2702	3159	3199	3212	3579	4544	4570	4716	4683	3154	2544	2806	2858	2843	3539	2920	3014	3065	3663	3774	5397
2	5807	2576	0	90	212	1117	1157	1170	1537	2502	2528	2674	2641	1112	1378	1640	1692	1678	2374	1783	1877	1928	2526	2637	5807
3	5868	2637	90	0	122	1206	1246	1259	1626	2590	2616	2763	2730	1201	1342	1604	1656	1641	2337	1747	1840	1891	2490	2600	5868
4	5933	2702	212	122	0	1329	1368	1382	1748	2713	2739	2885	2853	1323	1463	1725	1777	1763	2459	1868	1962	2013	2612	2722	5933
5	6342	3159	1117	1206	1329	0	170	208	575	1540	1566	1712	1680	150	2424	2685	2737	2723	3419	2828	2922	2973	3572	3682	6342
6	6381	3199	1157	1246	1368	170	0	178	545	1510	1536	1682	1649	120	2463	2725	2777	2762	3458	2867	2961	3012	3611	3721	6381
7	6395	3212	1170	1259	1382	208	178	0	506	1471	1497	1644	1611	81	2476	2738	2790	2776	3472	2881	2975	3026	3624	3735	6395
8	6761	3579	1537	1626	1748	575	545	506	0	1304	1330	1477	1444	425	2843	3105	3157	3142	3838	3247	3341	3392	3991	4101	6761
9	7726	4544	2502	2590	2713	1540	1510	1471	1304	0	26	172	140	1390	3808	4070	4122	4107	4803	4212	4306	4357	4956	5066	7726
10	7752	4570	2528	2616	2739	1566	1536	1497	1330	26	0	146	114	1416	3834	4096	4147	4133	4829	4238	4332	4383	4982	5092	7752
11	7898	4716	2674	2763	2885	1712	1682	1644	1477	172	146	0	105	1563	3980	4242	4294	4279	4975	4384	4478	4529	5128	5238	7898
12	7866	4683	2641	2730	2853	1680	1649	1611	1444	140	114	105	0	1530	3947	4209	4261	4247	4943	4352	4446	4497	5096	5206	7866
13	6336	3154	1112	1201	1323	150	120	81	425	1390	1416	1563	1530	0	2418	2680	2732	2717	3413	2822	2916	2967	3566	3676	6336
14	7185	2544	1378	1342	1463	2424	2463	2476	2843	3808	3834	3980	3947	2418	0	264	316	301	997	499	593	644	1243	1353	7185
15	7446	2806	1640	1604	1725	2685	2725	2738	3105	4070	4096	4242	4209	2680	264	0	162	148	858	1125	1187	1238	1534	1644	7446
16	7498	2858	1692	1656	1777	2737	2777	2790	3157	4122	4147	4294	4261	2732	316	162	0	15	696	963	1024	1075	1372	1482	7498
17	7484	2843	1678	1641	1763	2723	2762	2776	3142	4107	4133	4279	4247	2717	301	148	15	0	710	977	1039	1090	1386	1496	7484
18	8180	3539	2374	2337	2459	3419	3458	3472	3838	4803	4829	4975	4943	3413	997	858	696	710	0	293	355	406	702	812	8180
19	7589	2920	1783	1747	1868	2828	2867	2881	3247	4212	4238	4384	4352	2822	499	1125	963	977	293	0	94	145	744	854	7589
20	7683	3014	1877	1840	1962	2922	2961	2975	3341	4306	4332	4478	4446	2916	593	1187	1024	1039	355	94	0	51	805	915	7683
21	7734	3065	1928	1891	2013	2973	3012	3026	3392	4357	4383	4529	4497	2967	644	1238	1075	1090	406	145	51	0	856	966	7734
22	8333	3663	2526	2490	2612	3572	3611	3624	3991	4956	4982	5128	5096	3566	1243	1534	1372	1386	702	744	805	856	0	110	8333
23	8443	3774	2637	2600	2722	3682	3721	3735	4101	5066	5092	5238	5206	3676	1353	1644	1482	1496	812	854	915	966	110	0	8443
24	0	5397	5807	5868	5933	6342	6381	6395	6761	7726	7752	7898	7866	6336	7185	7446	7498	7484	8180	7589	7683	7734	8333	8443	0

F – Iterasi *Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing*

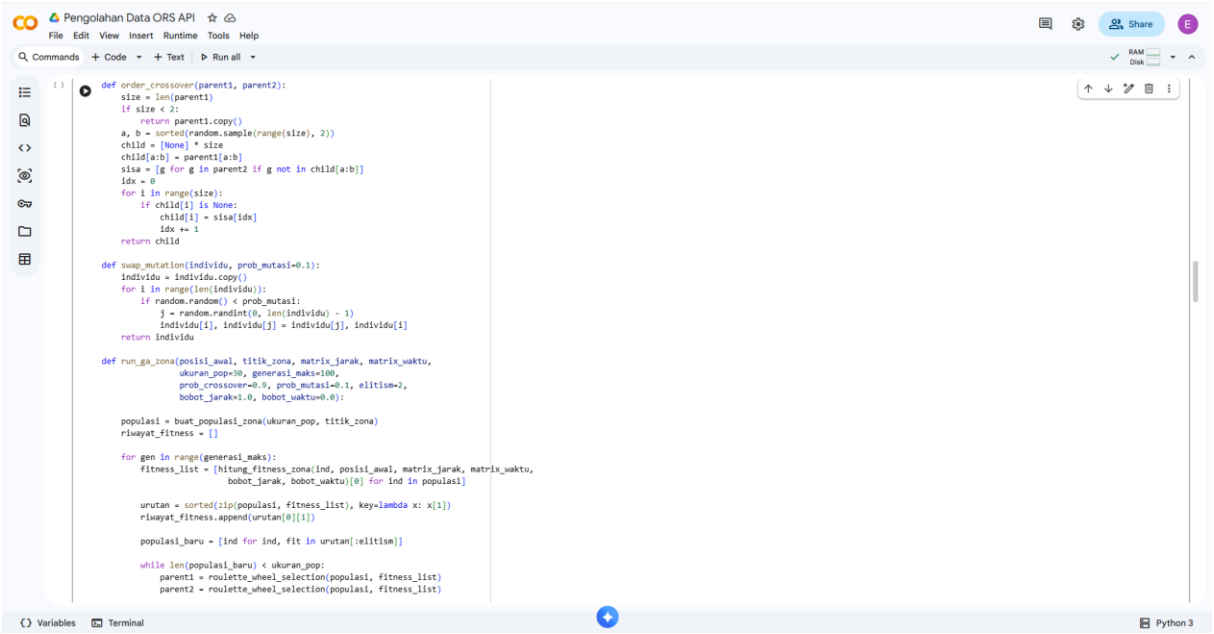


Generasi	Fitness GA (m)	Rigkah Suhu	Fitness SA (m)
1	5197.19	1	4641.27
2	5197.19	2	4641.27
3	5197.19	3	4641.27
4	5197.19	4	4641.27
5	5197.19	5	4641.27
6	4999.73	6	4641.27
7	4961.83	7	4641.27
8	4902.04	8	4641.27
9	4902.04	9	4641.27
10	4836.76	10	4641.27
11	4836.76	11	4641.27
12	4836.76	12	4641.27
13	4836.76	13	4641.27
14	4817.91	14	4641.27
15	4817.91	15	4641.27
16	4817.91	16	4641.27
17	4817.91	17	4641.27
18	4758.12	18	4641.27
19	4758.12	19	4641.27
20	4758.12	20	4641.27
21	4743.98	21	4641.27
22	4743.98	22	4641.27
23	4684.2	23	4641.27
24	4684.2	24	4641.27
25	4684.2	25	4641.27
26	4684.2	26	4641.27
27	4684.2	27	4641.27
28	4684.2	28	4641.27

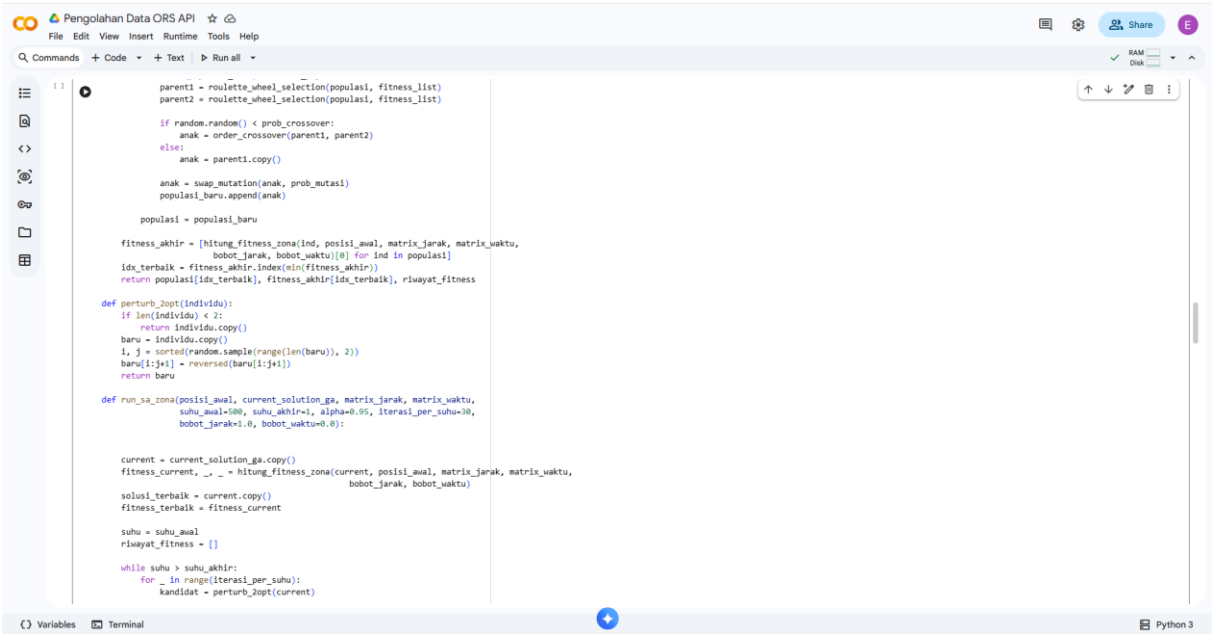
G - Pengolahan Data *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* dengan *Constraint*



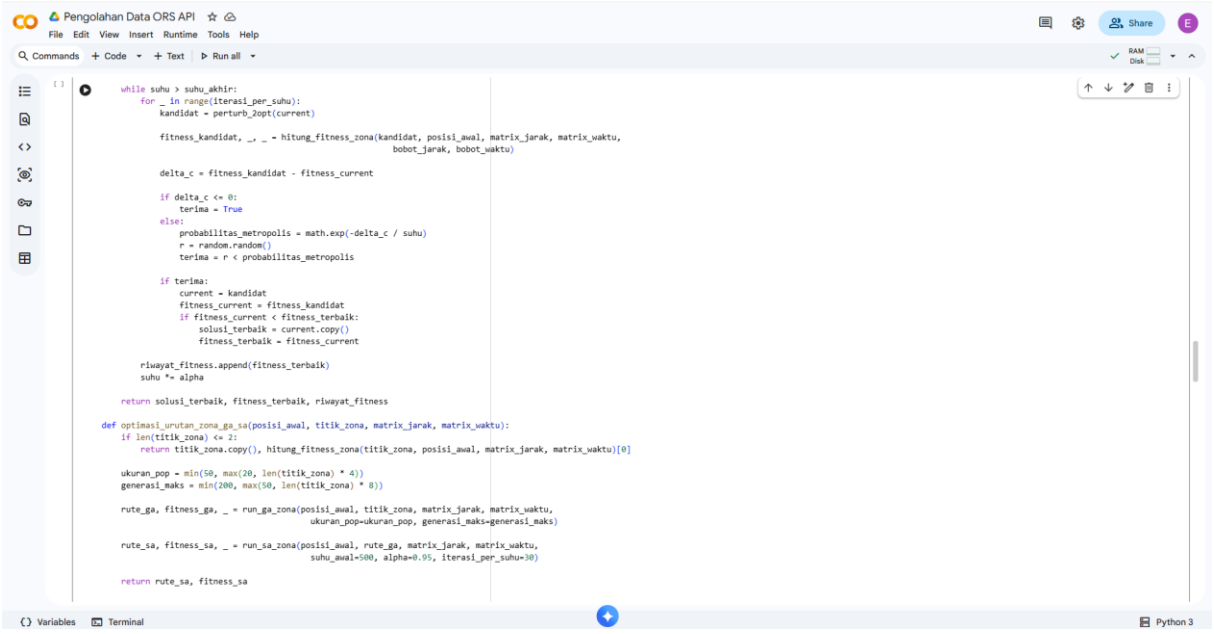
```
import random
import math

def hitung_fitness_zona(individu, posisi_awal, matrix_jarak, matrix_waktu,
                        bobot_jarak=1.0, bobot_waktu=0.0):
    total_jarak = 0
    total_waktu = 0
    posisi = posisi_awal
    for idx in individu:
        total_jarak += matrix_jarak[posisi][idx]
        total_waktu += matrix_waktu[posisi][idx]
        posisi = idx
    fitness = bobot_jarak * total_jarak + bobot_waktu * total_waktu
    return fitness, total_jarak, total_waktu

def buat_individu_zona(titik_zona):
    individu = titik_zona.copy()
    random.shuffle(individu)
    return individu

def buat_populasi_zona(ukuran_pop, titik_zona):
    return [buat_individu_zona(titik_zona) for _ in range(ukuran_pop)]

def roulette_wheel_selection(populasi, fitness_list):
    fit_maks = max(fitness_list)
    bobot = [(fit_maks - f) + 1e-6 for f in fitness_list]
    total_bobot = sum(bobot)
    titik_putar = random.uniform(0, total_bobot)
    akumulasi = 0
    for individu, w in zip(populasi, bobot):
        akumulasi += w
        if akumulasi >= titik_putar:
            return individu
    return populasi[-1]

def order_crossover(parent1, parent2):
    size = len(parent1)
    if size < 2:
        return parent1.copy()
    a, b = sorted(random.sample(range(size), 2))
    child = [None] * size
    child[a:b] = parent1[a:b]
    sisa = [g for g in parent2 if g not in child[a:b]]
```



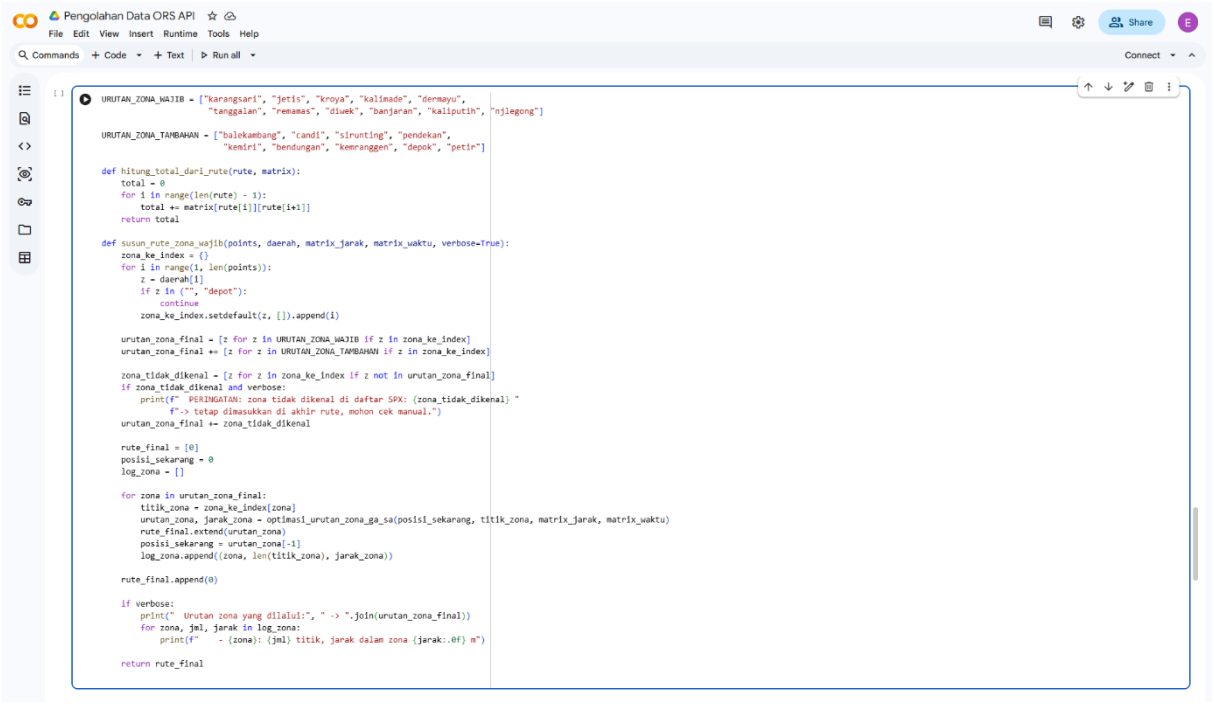
```
def order_crossover(parent1, parent2):
    size = len(parent1)
    if size < 2:
        return parent1.copy()
    a, b = sorted(random.sample(range(size), 2))
    child = [None] * size
    child[a:b] = parent1[a:b]
    sisa = [g for g in parent2 if g not in child[a:b]]
    idx = 0
    for i in range(size):
        if child[i] is None:
            child[i] = sisa[idx]
            idx += 1
    return child

def swap_mutation(individu, prob_mutasi=0.1):
    individu = individu.copy()
    for i in range(len(individu)):
        if random.random() < prob_mutasi:
            j = random.randint(0, len(individu) - 1)
            individu[i], individu[j] = individu[j], individu[i]
    return individu

def run_ga_zona(posisi_awal, titik_zona, matrix_jarak, matrix_waktu,
                ukuran_pop=30, generasi_maks=100,
                prob_crossover=0.9, prob_mutasi=0.1, elitism=2,
                bobot_jarak=1.0, bobot_waktu=0.0):

    populasi = buat_populasi_zona(ukuran_pop, titik_zona)
    riwayat_fitness = []

    for gen in range(generasi_maks):
        fitness_list = [hitung_fitness_zona(ind, posisi_awal, matrix_jarak, matrix_waktu,
                        bobot_jarak, bobot_waktu)[0] for ind in populasi]

        urutan = sorted(zip(populasi, fitness_list), key=lambda x: x[1])
        riwayat_fitness.append(urutan[0][1])

        populasi_baru = [ind for ind, fit in urutan[:elitism]]

        while len(populasi_baru) < ukuran_pop:
            parent1 = roulette_wheel_selection(populasi, fitness_list)
            parent2 = roulette_wheel_selection(populasi, fitness_list)
```



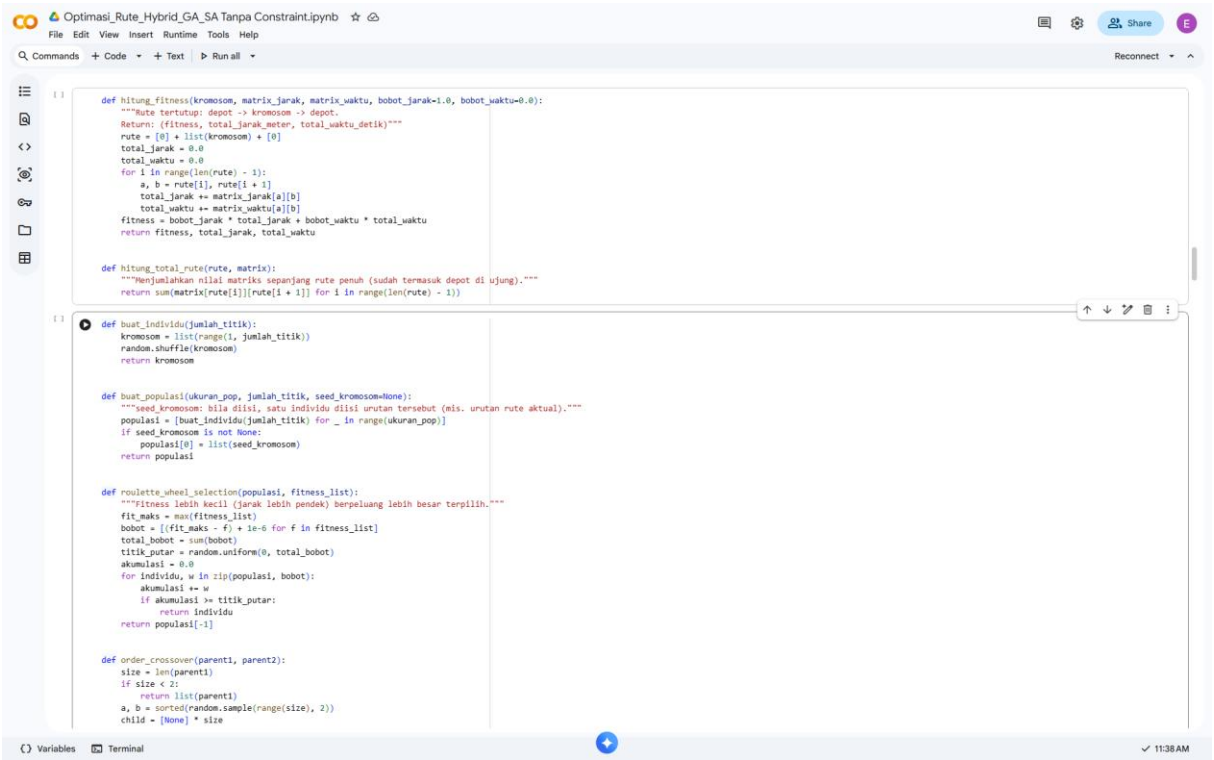
```
            parent1 = roulette_wheel_selection(populasi, fitness_list)
            parent2 = roulette_wheel_selection(populasi, fitness_list)

            if random.random() < prob_crossover:
                anak = order_crossover(parent1, parent2)
            else:
                anak = parent1.copy()

            anak = swap_mutation(anak, prob_mutasi)
            populasi_baru.append(anak)

        populasi = populasi_baru

    fitness_akhir = [hitung_fitness_zona(ind, posisi_awal, matrix_jarak, matrix_waktu,
                     bobot_jarak, bobot_waktu)[0] for ind in populasi]
    idx_terbaik = fitness_akhir.index(min(fitness_akhir))
    return populasi[idx_terbaik], fitness_akhir[idx_terbaik], riwayat_fitness

def perturb_2opt(individu):
    if len(individu) < 2:
        return individu.copy()
    baru = individu.copy()
    i, j = sorted(random.sample(range(len(baru)), 2))
    baru[i:j+1] = reversed(baru[i:j+1])
    return baru

def run_sa_zona(posisi_awal, current_solution_ga, matrix_jarak, matrix_waktu,
                suhu_awal=500, suhu_akhir=1, alpha=0.95, iterasi_per_suhu=30,
                bobot_jarak=1.0, bobot_waktu=0.0):


    current = current_solution_ga.copy()
    fitness_current, _, _ = hitung_fitness_zona(current, posisi_awal, matrix_jarak, matrix_waktu,
                                                bobot_jarak, bobot_waktu)
    solusi_terbaik = current.copy()
    fitness_terbaik = fitness_current

    suhu = suhu_awal
    riwayat_fitness = []

    while suhu > suhu_akhir:
        for _ in range(iterasi_per_suhu):
            kandidat = perturb_2opt(current)
```

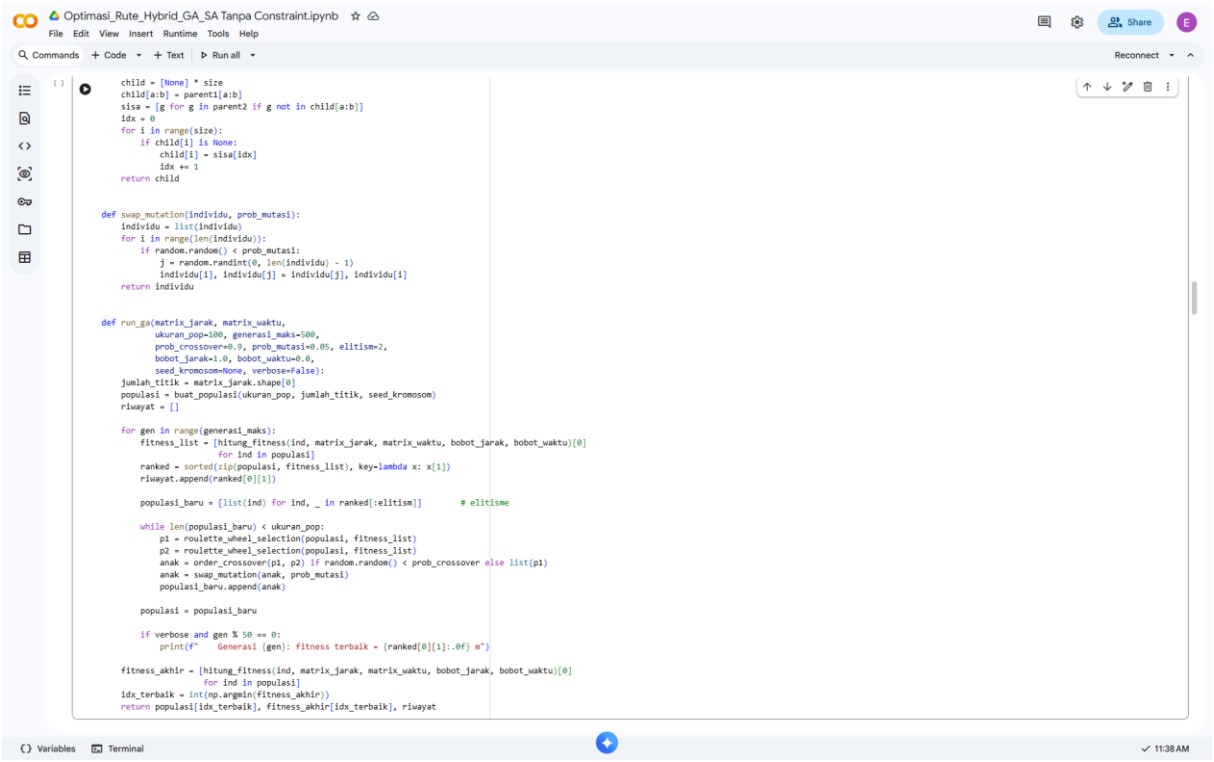


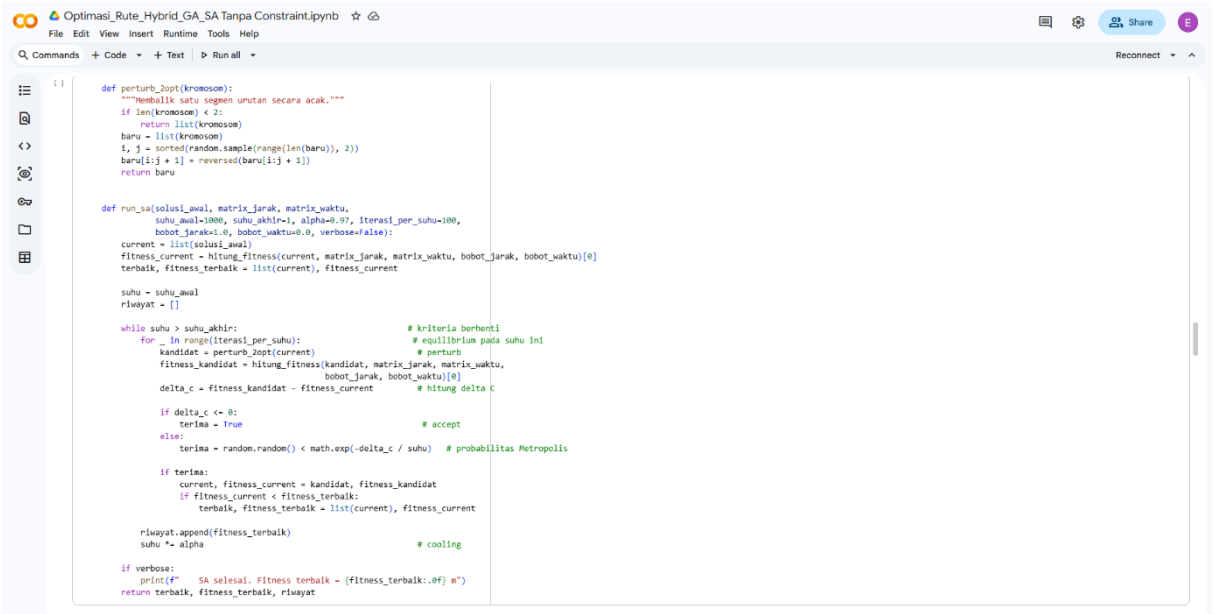
```
    while suhu > suhu_akhir:
        for _ in range(iterasi_per_suhu):
            kandidat = perturb_2opt(current)

            fitness_kandidat, _, _ = hitung_fitness_zona(kandidat, posisi_awal, matrix_jarak, matrix_waktu,
                                                         bobot_jarak, bobot_waktu)

            delta_c = fitness_kandidat - fitness_current

            if delta_c <= 0:
                terima = True
            else:
                probabilitas_metropolis = math.exp(-delta_c / suhu)
                r = random.random()
                terima = r < probabilitas_metropolis

            if terima:
                current = kandidat
                fitness_current = fitness_kandidat
                if fitness_current < fitness_terbaik:
                    solusi_terbaik = current.copy()
                    fitness_terbaik = fitness_current

        riwayat_fitness.append(fitness_terbaik)
        suhu *= alpha

    return solusi_terbaik, fitness_terbaik, riwayat_fitness

def optimasi_urutan_zona_ga_sa(posisi_awal, titik_zona, matrix_jarak, matrix_waktu):
    if len(titik_zona) <= 2:
        return titik_zona.copy(), hitung_fitness_zona(titik_zona, posisi_awal, matrix_jarak, matrix_waktu)[0]

    ukuran_pop = min(50, max(20, len(titik_zona) * 4))
    generasi_maks = min(200, max(50, len(titik_zona) * 8))

    rute_ga, fitness_ga, _ = run_ga_zona(posisi_awal, titik_zona, matrix_jarak, matrix_waktu,
                                         ukuran_pop=ukuran_pop, generasi_maks=generasi_maks)

    rute_sa, fitness_sa, _ = run_sa_zona(posisi_awal, rute_ga, matrix_jarak, matrix_waktu,
                                         suhu_awal=500, alpha=0.95, iterasi_per_suhu=30)

    return rute_sa, fitness_sa
```

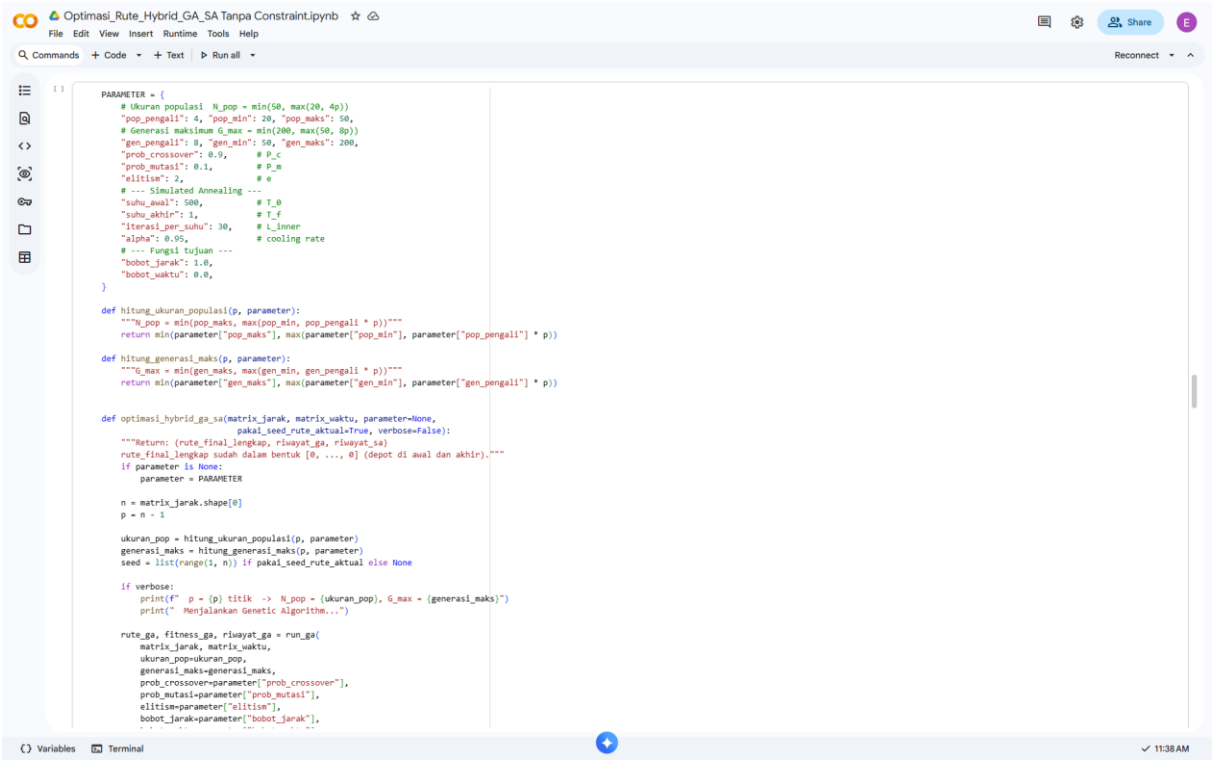


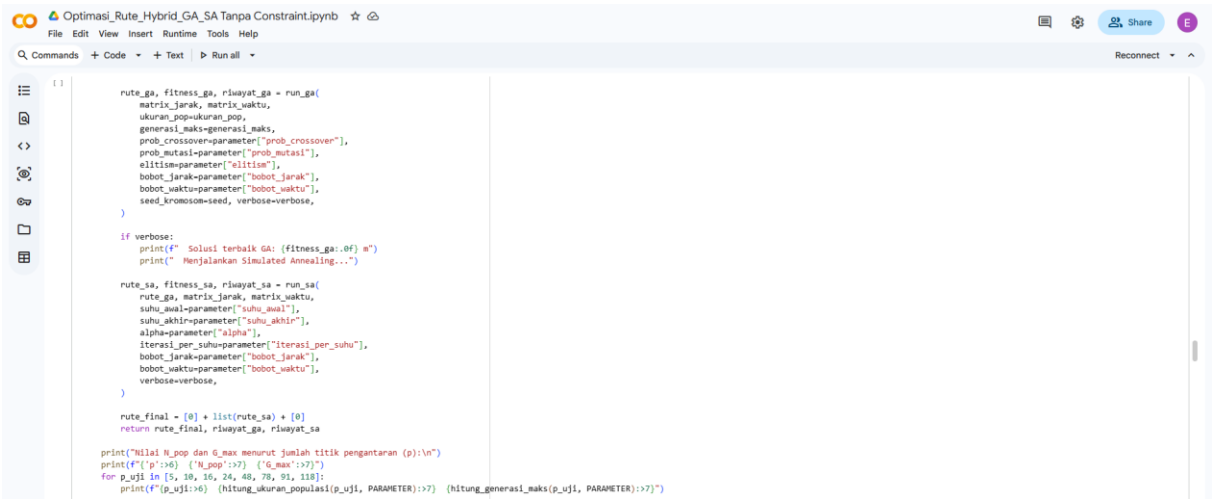
H - Pengolahan Data *Hybrid Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* tanpa *Constraint*




Optimasi_Rute_Hybrid_GA_SA Tanpa Constraint.ipynb
File Edit View Insert Runtime Tools Help
Share
Commands + Code + Text Run all
Reconnect
child = [None] * size
child[a:b] = parent1[a:b]
sisa = [g for g in parent2 if g not in child[a:b]]
idx = 0
for i in range(size):
if child[i] is None:
child[i] = sisa[idx]
idx += 1
return child
def swap_mutation(individu, prob_mutasi):
individu = list(individu)
for i in range(len(individu)):
if random.random() < prob_mutasi:
j = random.randint(0, len(individu) - 1)
individu[i], individu[j] = individu[j], individu[i]
return individu
def run_ga(matrix_jarak, matrix_waktu,
ukuran_pop=100, generasi_maks=500,
prob_crossover=0.9, prob_mutasi=0.05, elitism=2,
bobot_jarak=1.0, bobot_waktu=0.0,
seed_kromosom=None, verbose=False):
jumlah_titik = matrix_jarak.shape[0]
populasi = buat_populasi(ukuran_pop, jumlah_titik, seed_kromosom)
riwayat = []
for gen in range(generasi_maks):
fitness_list = [hitung_fitness(ind, matrix_jarak, matrix_waktu, bobot_jarak, bobot_waktu)[0]
for ind in populasi]
ranked = sorted(zip(populasi, fitness_list), key=lambda x: x[1])
riwayat.append(ranked[0][1])
populasi_baru = [list(ind) for ind, _ in ranked[:elitism]] # elitisme
while len(populasi_baru) < ukuran_pop:
p1 = roulette_wheel_selection(populasi, fitness_list)
p2 = roulette_wheel_selection(populasi, fitness_list)
anak = order_crossover(p1, p2) if random.random() < prob_crossover else list(p1)
anak = swap_mutation(anak, prob_mutasi)
populasi_baru.append(anak)
populasi = populasi_baru
if verbose and gen % 50 == 0:
print(f" Generasi {gen}: fitness terbaik = {ranked[0][1]:.0f} m")
fitness_akhir = [hitung_fitness(ind, matrix_jarak, matrix_waktu, bobot_jarak, bobot_waktu)[0]
for ind in populasi]
idx_terbaik = int(np.argmin(fitness_akhir))
return populasi[idx_terbaik], fitness_akhir[idx_terbaik], riwayat
Variables Terminal
11:38 AM


Optimasi_Rute_Hybrid_GA_SA Tanpa Constraint.ipynb
File Edit View Insert Runtime Tools Help
Share
Commands + Code + Text Run all
Reconnect
def perturb_2opt(kromosom):
"""Membalik satu segmen urutan secara acak."""
if len(kromosom) < 2:
return list(kromosom)
baru = list(kromosom)
i, j = sorted(random.sample(range(len(baru)), 2))
baru[i:j + 1] = reversed(baru[i:j + 1])
return baru
def run_sa(solusi_awal, matrix_jarak, matrix_waktu,
suhu_awal=1000, suhu_akhir=1, alpha=0.97, iterasi_per_suhu=100,
bobot_jarak=1.0, bobot_waktu=0.0, verbose=False):
current = list(solusi_awal)
fitness_current = hitung_fitness(current, matrix_jarak, matrix_waktu, bobot_jarak, bobot_waktu)[0]
terbaik, fitness_terbaik = list(current), fitness_current
suhu = suhu_awal
riwayat = []
while suhu > suhu_akhir: # kriteria berhenti
for _ in range(iterasi_per_suhu): # equilibrium pada suhu ini
kandidat = perturb_2opt(current) # perturb
fitness_kandidat = hitung_fitness(kandidat, matrix_jarak, matrix_waktu,
bobot_jarak, bobot_waktu)[0]
delta_c = fitness_kandidat - fitness_current # hitung delta C
if delta_c <= 0:
terima = True # accept
else:
terima = random.random() < math.exp(-delta_c / suhu) # probabilitas Metropolis
if terima:
current, fitness_current = kandidat, fitness_kandidat
if fitness_current < fitness_terbaik:
terbaik, fitness_terbaik = list(current), fitness_current
riwayat.append(fitness_terbaik)
suhu *= alpha # cooling
if verbose:
print(f" SA selesai. Fitness terbaik = {fitness_terbaik:.0f} m")
return terbaik, fitness_terbaik, riwayat


Optimasi_Rute_Hybrid_GA_SA Tanpa Constraint.ipynb
File Edit View Insert Runtime Tools Help
Share
Commands + Code + Text Run all
Reconnect
PARAMETER = {
# Ukuran populasi N_pop = min(50, max(20, 4p))
"pop_pengali": 4, "pop_min": 20, "pop_maks": 50,
Generasi maksimum G_max = min(200, max(50, 8p))
"gen_pengali": 8, "gen_min": 50, "gen_maks": 200,
"prob_crossover": 0.9, # P_c
"prob_mutasi": 0.1, # P_m
"elitism": 2, # e
--- Simulated Annealing ---
"suhu_awal": 500, # T_0
"suhu_akhir": 1, # T_f
"iterasi_per_suhu": 30, # L_inner
"alpha": 0.95, # cooling rate
--- Fungsi tujuan ---
"bobot_jarak": 1.0,
"bobot_waktu": 0.0,
}
def hitung_ukuran_populasi(p, parameter):
"""N_pop = min(pop_maks, max(pop_min, pop_pengali * p))"""
return min(parameter["pop_maks"], max(parameter["pop_min"], parameter["pop_pengali"] * p))
def hitung_generasi_maks(p, parameter):
"""G_max = min(gen_maks, max(gen_min, gen_pengali * p))"""
return min(parameter["gen_maks"], max(parameter["gen_min"], parameter["gen_pengali"] * p))
def optimasi_hybrid_ga_sa(matrix_jarak, matrix_waktu, parameter=None,
pakai_seed_rute_aktual=True, verbose=False):
"""Return: (rute_final_lengkap, riwayat_ga, riwayat_sa)
rute_final_lengkap sudah dalam bentuk [0, ..., 0] (depot di awal dan akhir)."""
if parameter is None:
parameter = PARAMETER
n = matrix_jarak.shape[0]
p = n - 1
ukuran_pop = hitung_ukuran_populasi(p, parameter)
generasi_maks = hitung_generasi_maks(p, parameter)
seed = list(range(1, n)) if pakai_seed_rute_aktual else None
if verbose:
print(f" p = {p} titik -> N_pop = {ukuran_pop}, G_max = {generasi_maks}")
print(" Menjalankan Genetic Algorithm...")
rute_ga, fitness_ga, riwayat_ga = run_ga(
matrix_jarak, matrix_waktu,
ukuran_pop=ukuran_pop,
generasi_maks=generasi_maks,
prob_crossover=parameter["prob_crossover"],
prob_mutasi=parameter["prob_mutasi"],
elitism=parameter["elitism"],
bobot_jarak=parameter["bobot_jarak"],
Variables Terminal
11:38 AM


Optimasi_Rute_Hybrid_GA_SA Tanpa Constraint.ipynb
File Edit View Insert Runtime Tools Help
Share
Commands + Code + Text Run all
Reconnect
rute_ga, fitness_ga, riwayat_ga = run_ga(
matrix_jarak, matrix_waktu,
ukuran_pop=ukuran_pop,
generasi_maks=generasi_maks,
prob_crossover=parameter["prob_crossover"],
prob_mutasi=parameter["prob_mutasi"],
elitism=parameter["elitism"],
bobot_jarak=parameter["bobot_jarak"],
bobot_waktu=parameter["bobot_waktu"],
seed_kromosom=seed, verbose=verbose,
)
if verbose:
print(f" Solusi terbaik GA: {fitness_ga:.0f} m")
print(" Menjalankan Simulated Annealing...")
rute_sa, fitness_sa, riwayat_sa = run_sa(
rute_ga, matrix_jarak, matrix_waktu,
suhu_awal=parameter["suhu_awal"],
suhu_akhir=parameter["suhu_akhir"],
alpha=parameter["alpha"],
iterasi_per_suhu=parameter["iterasi_per_suhu"],
bobot_jarak=parameter["bobot_jarak"],
bobot_waktu=parameter["bobot_waktu"],
verbose=verbose,
)
rute_final = [0] + list(rute_sa) + [0]
return rute_final, riwayat_ga, riwayat_sa
print("Nilai N_pop dan G_max menurut jumlah titik pengantaran (p):\n")
print(f"{'p':>6} {'N_pop':>7} {'G_max':>7}")
for p_uji in [5, 10, 16, 24, 48, 78, 91, 118]:
print(f"{p_uji:>6} {hitung_ukuran_populasi(p_uji, PARAMETER):>7} {hitung_generasi_maks(p_uji, PARAMETER):>7}")