

SKRIPSI

**ALGORITMA *HYBRID ANT COLONY OPTIMIZATION*
UNTUK MENYELESAIKAN *VEHICLE ROUTING*
*PROBLEM***



LINDA MUSTIKA RANNY
13610020

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2018

ALGORITMA *HYBRID ANT COLONY OPTIMIZATION*
UNTUK MENYELESAIKAN *VEHICLE ROUTING*
PROBLEM

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Matematika



LINDA MUSTIKA RANNY

13610020

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2018



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UTN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Linda Mustika Ranny
NIM : 13610020
Judul Skripsi : *Algoritma Hybrid Ant Colony Optimization* untuk Menyelesaikan *Vehicle Routing Problem*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang matematika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 4 Januari 2018

Pembimbing

Dr. M. Wakhid Musthofa, S.Si., M.Sc

NIP. 19800402 200501 1 003



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-490/Un.02/DST/PP.00.9/02/2018

Tugas Akhir dengan judul : Algoritma Hybrid Ant Colony Optimization untuk Menyelesaikan Vehicle Routing Problem

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : LINDA MUSTIKA RANNY
Nomor Induk Mahasiswa : 13610020
Telah diujikan pada : Selasa, 16 Januari 2018
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si.
NIP. 19800402 200501 1 003

Penguji I

Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom
NIP. 19720423 199903 1 003

Penguji II

Malahayati, S.Si., M.Sc
NIP. 19840412 201101 2 010

Yogyakarta, 16 Januari 2018

UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
DEKAN



Dr. Murtono, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Linda Mustika Ranny

NIM : 13610020

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 4 Januari 2018

g Menyatakan



Linda Mustika Ranny



Karya sederhana ini penulis persembahkan untuk :

Kedua orang tua saya Bapak, Ibu dan Kakak tersayang

Keluarga besar Matematika angkatan 2013

Almamater tercinta UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



”Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu. Sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar”

(Q.S Al-Baqarah 153)

PRAKATA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat, nikmat dan karuniaNya, sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **Algoritma Hybrid Ant Colony Optimization (ACO) untuk Menyelesaikan Vehicle Routing Problem (VRP)** disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang dipenuhi dengan cahaya-cahaya ilmu. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa motivasi, bantuan, bimbingan, arahan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Murtono, M. Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S. Si, M. Si, selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, serta dosen pembimbing skripsi yang selalu meluangkan waktunya dalam membimbing, memotivasi dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Moh. Farhan Quadratullah, M. Si, selaku Dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan banyak pengarahan, masukan serta motivasi kepada penulis.

4. Bapak/Ibu Dosen dan Staf Tenaga Kependidikan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kaliaga Yogyakarta atas ilmu, bimbingan dan pelayanan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.
5. Bapak Suparno dan Ibu Sugiyanti, terimakasih atas doa, kasih sayang, nasihat, untaian doa serta dukungan moril maupun materiil kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Karya ini penulis persembahkan khusus untuk Bapak dan Ibu.
6. Kakak tercinta Entin Puspita Dewi, terimakasih atas dukungan serta semangat yang diberikan untuk penulis.
7. Sahabat-sahabatku tersayang: Alifatun, Dita, Engla, Fitri, Itaf, Ismi, Lisda, Nani, Zizi dan Zho yang selalu menemani dan memberi semangat kepada penulis.
8. Sahabat-sahabatku: Anton, Andi, Agung, Arif, Fendri, Hilal, Ryan, Yusron, Yanu dan Wahyu Mua'fi terimakasih atas dukungan dan semangatnya.
9. Keluarga besar Prodi Matematika angkatan 2013 yang selalu memberikan dukungan serta motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini.
10. Teman-teman Alumni SMA N 1 Jetis terkhusus Riva, Amel, Lilis, Mirna, Tika, isti dan Septi terimakasih semangatnya.
11. Sahabat-sahabat KKN angkatan 90 Pakisaji, Pakem, terima kasih atas pengalaman berharga yang tidak akan pernah terlupakan.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan kepada mereka dengan sebaik-baiknya balasan. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan, untuk itu

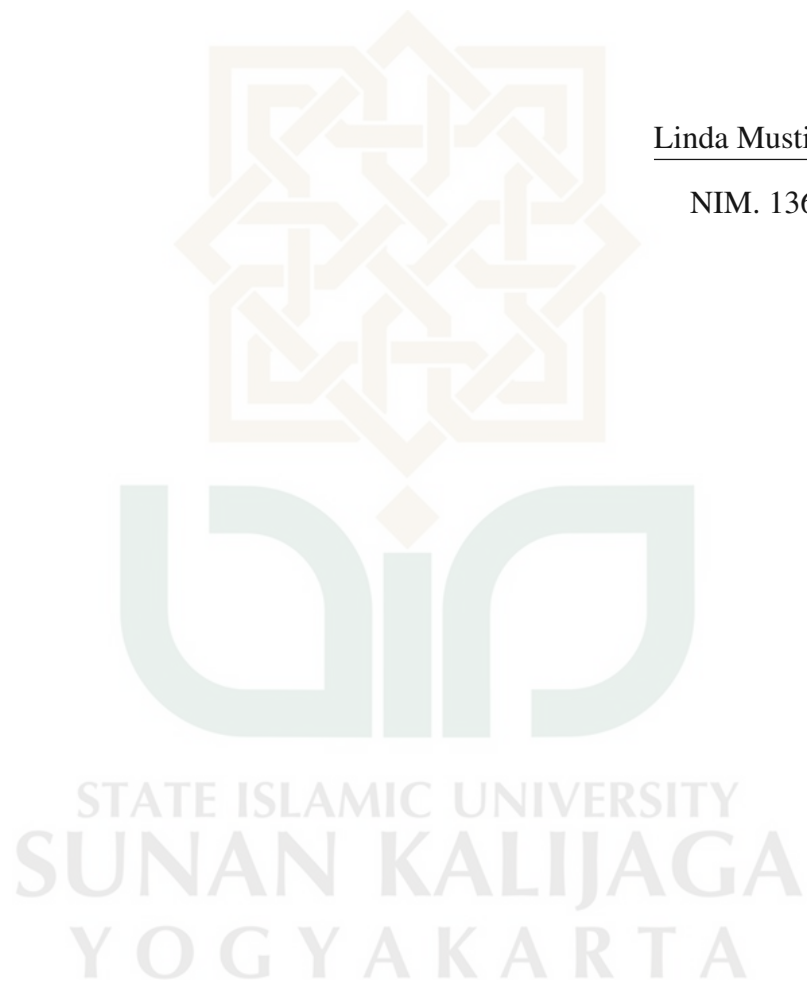
penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk memperbaiki tugas akhir ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 23 November 2017

Penulis

Linda Mustika Ranny

NIM. 13610020



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMBANG	xv
INTISARI	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Tinjauan Pustaka	5
1.7. Metode Penelitian	7
1.8. Sistematika Penulisan	7
II DASAR TEORI	9
2.1. Teori Graf	9
2.1.1. Definisi Graf	11

2.1.2.	Terminologi Dasar Graf	12
2.1.3.	Jenis-Jenis Graf	14
2.1.4.	Konsep Keterhubungan Pada Graf	16
2.1.5.	Graf Berbobot (<i>Weighted Graph</i>)	18
2.1.6.	Graf Berarah Berbobot (<i>Weighted Directed Graph</i>)	18
2.1.7.	Graf Hamilton	19
2.2.	<i>Vehicle Routing Problem</i>	19
2.2.1.	Komponen-Komponen dalam VRP	20
2.2.2.	Jenis-jenis <i>Vehicle Routing Problem</i>	21
2.3.	<i>Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)</i>	23
2.4.	Algoritma <i>Ant Colony Optimization (ACO)</i>	27
2.5.	Algoritma <i>Hybrid Ant Colony Optimization (HACO)</i>	32
2.5.1.	<i>Nearest Nighbor</i>	33
2.5.2.	Prosedur Konstruksi Rute	33
2.5.3.	Mutasi	34
2.5.4.	<i>Local Search</i>	38
III	PEMBAHASAN	39
3.1.	Langkah Algoritma HACO	39
3.1.1.	Mentukan Solusi Awal	41
3.1.2.	Mengonstruksi Rute menggunakan Algoritma ACO	41
3.1.3.	Mutasi	44
3.1.4.	<i>Local Search</i>	44
3.1.5.	<i>Update Pheromone</i>	44
3.1.6.	Kriteria Pemberhentian	45
3.2.	Implementasi Algoritma HACO	45
3.2.1.	Menentukan Solusi Awal	53
3.2.2.	Prosedur Konstruksi Rute	55

3.2.3. Mutasi	60
3.2.4. <i>Local Search</i>	64
3.2.5. <i>Update Pheromone Global</i>	66
IV PENUTUP	81
4.1. Kesimpulan	81
4.2. Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
A LAMPIRAN	86

DAFTAR TABEL

1.1	Perbedaan Penelitian	6
2.1	Indeks yang digunakan pada model matematis VRP	24
3.1	Daftar pelanggan dan permintaannya	47
3.2	Jarak depot ke pelanggan dan antar pelanggan (dalam kilometer) . .	49
3.3	Solusi VRP	55
3.4	Solusi konstruksi rute menggunakan Algoritma ACO	60
3.5	Solusi proses mutasi	64
3.6	Solusi iterasi 1	66
3.7	Solusi konstruksi rute iterasi 2	67
3.8	Solusi Prosedur mutasi iterasi 2	69
3.9	Solusi konstruksi rute iterasi 3	70
3.10	Solusi konstruksi rute iterasi 4	72
3.11	Solusi Seluruh Iterasi	77
3.12	Solusi Optimal VRP	79

DAFTAR GAMBAR

2.1	Jembatan Könisberg	10
2.2	Model Graf Jembatan Könisberg	10
2.3	Contoh Graf G	11
2.4	Graf G	13
2.5	Graf nol	15
2.6	Graf lengkap K_1 , K_2 , K_3 dan K_4	15
2.7	Contoh graf berarah (<i>Directed Graph</i> atau <i>Digraph</i>)	16
2.8	Graf G_1 terhubung dan G_2 tak terhubung	17
2.9	Contoh graf berbobot	18
2.10	Contoh graf berarah berbobot	19
2.11	Perjalanan semut dari sarang ke sumber makanan	28
2.12	Contoh mutasi biner	35
2.13	Contoh mutasi permutasi	36
2.14	Contoh <i>inversion mutation</i>	36
2.15	Contoh <i>insertion mutation</i>	36
2.16	Contoh <i>displacement mutation</i>	37
2.17	Contoh <i>swap mutation</i>	37
2.18	Contoh metode 2-opt	38
3.1	Algoritma HACO	40
3.2	Peta pelanggan Bioseptik Provinsi DIY	48
3.3	Representasi jarak antar pelanggan dalam bentuk graf lengkap	50
3.4	Rute Solusi Awal	54
3.5	Solusi optimal VRP	80

DAFTAR LAMBANG

β	: parameter pengendali visibilitas
τ_{ij}	: jumlah <i>pheromone</i> pada rute antara busur (v_i, v_j)
τ_0	: jumlah <i>pheromone</i> awal
η	: invers jarak
γ	: parameter penguapan <i>pheromone</i> lokal
ρ	: parameter penguapan <i>pheromone</i> global
$d(v_i, v_j)$: jarak antara <i>node</i> v_i dengan <i>node</i> v_j
k	: indeks semut/ kendaraan
n	: jumlah node
v_i	: titik awal
v_j	: titik tujuan
$\Delta\tau_{ij}$: perubahan nilai <i>pheromone</i> pada <i>edge</i> (v_i, v_j)
L_{nn}	: jarak yang dihasilkan oleh <i>nearest neighbor heuristic</i>
L_{gb}	: panjang rute terpendek pada akhir siklus
P_{ij}^k	: probabilitas semut ke k pada titik v_i yang memilih titik v_j
M_k	: <i>tabulist</i> untuk semut k
q_i	: permintaan <i>node</i> v_i
W	: kapasitas maksimal kendaraan
N_{max}	: iterasi maksimum

INTISARI

Algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* untuk Menyelesaikan *Vehicle Routing Problem*

Oleh

LINDA MUSTIKA RANNY

13610020

Logistik berperan penting dalam dunia industri, salah satu yang menjadi kegiatan logistik adalah pendistribusian produk. Kegiatan pendistribusian produk memiliki beberapa kendala, yaitu diantaranya keterbatasan jumlah dan kapasitas kendaraan, perbedaan jumlah permintaan konsumen, dan tersebarnya lokasi konsumen. Usaha yang dilakukan perusahaan untuk mengoptimalkan pendistribusian adalah dengan meminimalkan biaya transportasi dengan menentukan rute terpendek kendaraan.

Permasalahan penentuan rute kendaraan ini disebut *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang direpresentasikan dalam graf berarah berbobot. VRP bertujuan untuk mencari rute terpendek sejumlah kendaraan (*vehicle*) dengan kapasitas tertentu untuk mengunjungi sejumlah konsumen yang memiliki permintaannya masing-masing dengan syarat setiap konsumen hanya dikunjungi tepat satu kali dan jika kapasitas kendaraan sudah tidak mampu memenuhi permintaan konsumen selanjutnya kendaraan harus kembali ke depot. Salah satu algoritma yang dapat diterapkan pada VRP adalah Algoritma *Hybrid Ant Colony optimization* (HACO).

Algoritma HACO merupakan hibridasi Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dengan menambahkan prosedur mutasi dari Algoritma Genetika yaitu *insertion mutation* dan prosedur *2-Opt*. Cara kerja Algoritma HACO dimulai dengan penentuan *initial solution* menggunakan *Nearest Neighbor*, konstruksi rute menggunakan ACO, perbaikan rute menggunakan *insertion mutation* dan *2-Opt* dan pembaruan feromon global. Kemudian apabila kriteria pemberhentian terpenuhi maka proses Algoritma HACO berhenti, jika tidak kembali pada konstruksi rute. Proses perhitungan Algoritma HACO dilakukan secara manual pada PT Sinergi Bio Natural. Berdasarkan proses perhitungan diperoleh solusi terbaik dengan total jarak terpendek sebesar 101,1 km yang terdiri dari tiga rute, rute pertama berjarak 29 km, rute kedua berjarak 62,9 km dan rute ketiga berjarak 9,2 km.

Kata kunci : *Vehicle Routing Problem, Ant Colony Optimization, Insertion Mutation, 2-Opt*.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pada dunia industri, suatu perusahaan harus mempunyai manajemen logistik yang baik. Logistik adalah proses pengelolaan yang strategis mulai dari pengadaan, perpindahan hingga penyimpanan barang, bahan baku, dan produk jadi (yang di dalamnya terkait pula aliran informasi) pada perusahaan dan koneksi pemasaran untuk kepentingan mendapatkan keuntungan maksimal saat ini dan masa depan dengan biaya yang efisien dalam rangka pemenuhan kebutuhan konsumen (Christopher, 1992). Kemampuan perusahaan dalam pengelolaan logistik secara efektif dan efisien mampu menghasilkan penghematan biaya yang cukup signifikan, terutama pada pendistribusian. Penghematan biaya dapat dihasilkan dari distribusi barang ke beberapa lokasi atau konsumen yang dibagi ke dalam beberapa rute yang efektif. Masalah pengoperasian yang berhubungan dengan pendistribusian barang dipengaruhi oleh beberapa faktor dan juga kendala, yaitu lokasi konsumen yang tersebar, biaya pengangkutan, jumlah dan kapasitas kendaraan, serta waktu yang diperlukan untuk pengangkutan serta permintaan konsumen yang berbeda-beda. Permasalahan pendistribusian barang tersebut memiliki tujuan untuk meminimalkan biaya transportasi dengan cara membentuk rute yang optimal dalam pendistribusian.

Masalah pencarian rute optimal ini disebut *vehicle routing problem* (VRP) yang diaplikasikan dalam graf. VRP adalah nama umum yang digunakan untuk permasalahan dengan melibatkan beberapa rute untuk sejumlah kendaraan yang

berangkat dan kembali di tempat yang sama disebut depot, kendaraan harus disebar untuk mendistribusikan barang kepada konsumen. Masalah VRP ini termasuk *NP-hard problem* karena secara teori maupun praktiknya di dunia nyata memiliki masalah yang banyak dan kompleksitas yang tinggi sehingga sulit untuk dipecahkan. *NP-hard* adalah suatu kelompok masalah dimana tidak dapat diselesaikan secara optimal dalam *polynomial computation time* dengan algoritma eksak. Masalah *NP-hard* ini dapat diselesaikan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Metode konvensional kurang efektif karena waktu komputasi yang diperlukan akan meningkat secara eksponensial seiring bertambah besarnya masalah. Sehingga bisa dipastikan untuk menyelesaikan masalah VRP dengan konsumen yang banyak metode ini akan membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan metode heuristik memberikan perkiraan solusi yang mendekati solusi optimal sehingga proses perhitungan menjadi lebih cepat dan efisien (Selim Cetiner, 2003). Metode heuristik dibagi menjadi dua yaitu metode heuristik klasik dan metode metaheuristik. Dibandingkan dengan metode heuristik klasik, metaheuristik menunjukkan pencarian solusi yang lebih teliti sehingga solusi yang dihasilkan lebih optimal. Salah satu metode metaheuristik adalah algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). Namun untuk menyelesaikan masalah VRP, algoritma ACO belum memberikan penyelesaian optimal, maka dari itu untuk mendapatkan penyelesaian masalah VRP yang lebih optimal algoritma ACO diimprovisasi dengan suatu algoritma yang lain.

ACO merupakan algoritma yang terinspirasi dari perilaku koloni semut saat mencari makan. Misalkan depot pada VRP adalah sarang pada semut dan konsumen sebagai makanan, maka masalah VRP ini sangat mirip dengan perilaku semut dalam mencari makanan. Pada studi yang dilakukan oleh Zhang Xiao dan Wang Jiangqing (2012) menunjukkan sebuah algoritma *Hybrid Ant Colony Opti-*

mization dengan menggunakan prosedur mutasi pada Algoritma Genetika dan prosedur *local search* untuk memperbaiki solusi.

Pada penelitian ini, akan dibahas mengenai penyelesaian masalah VRP yang bertujuan untuk menentukan rute optimal untuk sejumlah kendaraan yang beroperasi mendistribusikan barang untuk sejumlah konsumen. Rute yang terbentuk diharapkan memiliki total jarak yang minimum, sehingga biaya dan waktu transportasi yang diperlukan untuk pendistribusian barang juga minimum. Dari uraian di atas, penulis tertarik untuk menyelesaikan masalah *vehicle routing problem* menggunakan algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* yaitu algoritma *ant colony optimization* dengan penambahan prosedur mutasi dan *local search* untuk memperbaiki solusi, selanjutnya algoritma ini akan disebut HACO.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana langkah algoritma HACO menyelesaikan masalah VRP?
2. Bagaimana penerapan algoritma HACO dalam menyelesaikan masalah VRP?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menjelaskan langkah algoritma HACO untuk menyelesaikan VRP.
2. Menjelaskan penerapan algoritma HACO dalam penyelesaian masalah VRP.

1.4. Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Jenis graf yang digunakan untuk satu rute pada setiap kendaraan adalah graf berarah berbobot (*weighted directed graph*) dan graf Hamilton.
2. Jumlah depot 1 unit.
3. Kepadatan lalu lintas dan kondisi jalan diabaikan.
4. Solusi yang diperoleh berupa urutan rute perjalanan, total permintaan dan total jarak tempuh.
5. Masalah yang diselesaikan adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*.
6. Waktu tempuh kendaraan diabaikan.
7. *Input* permasalahan berupa letak node, jarak antar pelanggan dan permintaan pelanggan.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat diantaranya :

1. Bagi mahasiswa
 - a. Memberikan informasi mengenai cara kerja algoritma HACO dan aplikasinya pada masalah VRP.
 - b. Menambah ilmu pengetahuan secara teoritis mengenai pendistribusian barang pada VRP menggunakan algoritma HACO.
2. Bagi Umum

Memberikan rekomendasi solusi optimal alternatif pendistribusian barang pada VRP dengan menggunakan Algoritma HACO

1.6. Tinjauan Pustaka

Banyak referensi yang membahas mengenai penyelesaian masalah VRP. Penulisan tugas akhir ini terinspirasi dari jurnal yang berjudul "*Hybrid Ant Algorithm and Applications for Vehicle Routing Problem*" yang ditulis oleh Zhang Xiao dan Wang Jiang-qing dari South-Central University for Nationalities, Wuhan, China. Jurnal yang dipublikasikan pada tahun 2012 ini membahas tentang hibridasi algoritma ACO dan penerapannya dalam VRP. Hibridasi algoritma ACO pada jurnal ini adalah menambahkan prosedur mutasi yaitu *insertion mutation* dari algoritma genetika dan prosedur *2-opt*.

Kemudian skripsi yang berjudul "*Algoritma Improved Ant Colony Optimization (IACO) untuk Menyelesaikan Vehicle Routing Problem*" yang ditulis Muhammad Harun Ar Rasyid. Dalam penelitiannya membahas penerapan algoritma *Ant System* yang diimprovisasikan dengan prosedur mutasi untuk menyelesaikan *Vehicle Routing Problem*. Prosedur mutasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *swap mutation*. Penyelesaian masalah VRP menggunakan algoritma ini dibantu dengan program yang dibuat dengan program JAVA.

Skripsi yang berjudul "*Rancang Bangun Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Tabu Search*" yang ditulis oleh Sulistiono mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga pada tahun 2015. Dalam penelitiannya membahas tentang penggunaan algoritma *Tabu Search* untuk menyelesaikan masalah VRP dan pembuatan rancang bangun menggunakan GUI matlab. VRP yang diselesaikan dalam penelitian karya Sulistiono ini adalah *capacited vehicle routing problem (CVRP)*.

Tabel 1.1 Perbedaan Penelitian

No	Identitas Peneliti	Judul Penelitian	Perbedaan
1	Zhang Xiao dan Wang Jiang-qing, 2012, South-Central University for Nationalities	<i>Hybrid Ant Algorithm and Applications for Vehicle Routing Problem</i>	Permasalahan yang diselesaikan adalah VRP dengan menggunakan algoritma ACO yang dihibrid dengan prosedur mutasi dan <i>2-opt</i> .
2	Muhammad Harun A.R, 2012, Universitas Airlangga	Algoritma <i>Improved Ant Colony Optimization (IACO)</i> untuk Menyelesaikan <i>Vehicle Routing Problem</i>	Algoritma yang digunakan dalam menyelesaikan masalah VRP adalah <i>Ant system</i> yang dihibrid dengan prosedur mutasi, yakni <i>sweep mutation</i> .
3	Sulistiono, 2015, UIN Sunan Kalijaga	Rancang Bangun <i>Vehicle Routing Problem</i> Menggunakan Algoritma Tabu search	Menyelesaikan masalah VRP menggunakan algoritma <i>Tabu Search</i> , dalam penyelesaiannya dibantu dengan program yang dibuat dengan GUI matlab.
4	Sahroni, 2011, UIN Sunan Kalijaga	Aplikasi Graf Dalam Pencarian Rute Terpendek Menggunakan Algoritma <i>Ant Colony Optimization (ACO)</i>	penelitian tersebut menjelaskan Penerapan ACO untuk menyelesaikan <i>Traveling Salesman Problem (TSP)</i>
5	Linda Mustika Ranny, 2018, UIN Sunan kalijaga	Algoritma <i>Hybrid Ant Colony Optimization</i> untuk Menyelesaikan <i>Vehicle Routing Problem</i>	Penyelesaian CVRP menggunakan algoritma ACO yang dihibrid dengan prosedur mutasi dan <i>2-opt</i>

Skripsi dengan judul ”Algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* untuk Menyelesaikan *Vehicle Routing Problem*” menggunakan penelitian-penelitian tersebut sebagai acuan atau dasar untuk penelitian ini. Penelitian ini akan menyelesaikan VRP menggunakan Algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* (HACO) yaitu algoritma ACO yang dihibrid dengan prosedur *insertion mutation* dan *2-opt* dengan tujuan untuk menghasilkan solusi terbaik rute distribusi.

1.7. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian deskriptif kualitatif, yaitu suatu penelitian untuk menggambarkan fenomena-fenomena yang saat ini atau lampau yang lebih menekankan pada aspek pemahaman secara mendalam terhadap suatu masalah. Proses penelitian yang dilakukan tidak mengadakan manipulasi atau perubahan pada variabel-variabel bebas, tetapi menggambarkan suatu kondisi apa adanya. Hasil penelitian ini tidak membuat generalisasi atau tidak dapat diterapkan dalam kondisi dan tempat yang berbeda dengan tempat penelitian. Tujuan dari penelitian deskriptif kualitatif searah dengan rumusan masalah.

Objek penelitian adalah CVRP dengan menggunakan algoritma HACO. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data sekunder penelitian Sulistiono tahun 2013, data terdiri dari jarak antar konsumen dan permintaan konsumen. Penelitian ini merupakan studi literatur dengan menggunakan buku, skripsi, jurnal penelitian dan referensi lainnya yang digunakan sebagai referensi teori untuk menyelesaikan kasus atau permasalahan.

1.8. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi empat bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Manfaat Penelitian, Tinjauan Pustaka, Metode Penelitian dan Sistematika Penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan mengenai beberapa teori tentang Graf, *Vehicle Routing Problem* (VRP), Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO), Mutasi, Prosedur *2-opt*, *Hybrid Ant Colony Optimization* (HACO) dan Penyelesaian VRP menggunakan Algoritma HACO yang digunakan sebagai dasar pembahasan.

BAB III PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai konsep, langkah dan penerapan algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* (HACO) dalam suatu masalah.

BAB IV PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari pokok bab sebelumnya.

BAB IV

PENUTUP

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dan saran-saran yang dapat diambil berdasarkan materi-materi yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya.

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan tentang penerapan Algoritma HACO dalam menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* pada optimasi rute distribusi dapat ditarik kesimpulan bahwa algoritma HACO memberikan solusi pada masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. Proses perhitungan Algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* terdiri dari beberapa langkah yaitu menentukan solusi awal dengan menggunakan *Nearest Neighbor heuristic*, mengonstruksi rute dengan Algoritma *Ant Colony Optimization*, selanjutnya mengalami mutasi dan *2-opt*, langkah ini bertujuan untuk menemukan susunan rute yang lebih optimal dan langkah yang terakhir adalah pembaruan *Pheromone* global. Iterasi berhenti ketika keadaan sudah stagnan atau iterasi maksimal sudah dicapai, lalu dipilih solusi yang memiliki rute terpendek sebagai solusi terbaik.

Pada kasus PT Sinergi Bio Natural diperoleh solusi terbaik dengan menggunakan Algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization*. Jarak terpendek yang diperoleh menggunakan perhitungan manual adalah 101,1 km dengan rute yang terdiri dari perjalanan rute pertama berawal dari depot - Perumahan Banteng 2 - Perumahan Banteng 3 - ChaCha Milk Tea 2 - Happy Land Medical Canter - Toko Roti Katering Asli - ChaCha Milk Tea 1 - Perumahan Sido Mulyo - ChaCha Milk

Tea 3 - depot dengan total permintaan 240 liter dan total jarak perjalanan 29 Km. Rute kedua terdiri dari perjalanan Depot - RSU. Holistika Medika - RS Panti Rini - Perumahan Cempoko Indah - RSU Rajawali Citra - RSU PKU Muhammadiyah Bantul - Hotel Agung Inn - Depot dengan total permintaan 240 liter dan total jarak 61,9 Km. Rute terakhir, terdiri dari perjalanan Depot - JIH - Depot dengan total permintaan 300 liter dan total jarak 9,2 Km. Sehingga total jarak terpendek yang diperoleh adalah 101,1 Km.

4.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya agar dibuat program untuk algoritma ini supaya dapat berjalan dalam iterasi yang lebih besar dan menghasilkan solusi yang lebih optimal.
2. Supaya membandingkan Algoritma *Hybrid Ant Colony Optimization* dengan algoritma yang lainnya seperti Algoritma *Tabu Search*, Algoritma *Artificial Bee Colony* dan yang lainnya dalam menyelesaikan *Vehicle Routing Problem*. Sehingga diperoleh kelebihan dan kekurangan antar algoritma dan mengetahui algoritma apa yang efektif menyelesaikan masalah VRP.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, A.D. 2015. *Algoritma Genetika pada Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (Optimasi Rute Pendistribusian Aqua Galon PT. Tirta Investama)*. Skripsi, tidak diterbitkan, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Abdussakir, Nilna N A dan Fifi F N . 2009. *TEORI GRAF :Topik Dasar untuk Tugas Akhir/ Skripsi*. Malang: UIN Malang Press.
- Anwar, T dan Yuliani, W. 2005. *Penerapan Algoritma Genetika untuk Treveling salesman Problem dengan Menggunakan Order Crossover dan Inserion Mutation*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Aplikasi Teknologi, di Universitas Pelita Harapan.
- Bell, J.E., McMullen, P.R.. 2004. *Ant colony optimization techniques for the vehicle routing problem*. Adv. Eng. Inform. 18, 4148.
- Bin, Y. et al.. 2008. *An Improved Ant Colony Optimization for Vehicle Routing Problem*. European Journal of Operational Research, 196, 171-176.
- Bullnheimer et al.. 1997. *Applying The Ant System to The Vehicle Routing Problem*. In: Second Metaheuristics International Conference. MIC97, Sophia-Antipolis, France.
- Caric, Tonci & Gold, Hrvoje. 2008. *Vehicle routing problem*. University of Zagreb: In-teh Croatia
- Christopher, Martin. 2011. *Logistics and Supply Chain Management FourthEdition*. United Stated of America: Prentice Hall,Inc.

- Dorigo, M. et al.. 1997. *The Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents*. IEEE Transactions on System, Man, Cybernetics- Part B 26, 29-41.
- Dorigo, M., dan Gambardella, L. M. 1997. *Ant Colonies for the Traveling Salesman Problem*. Tech.Rep/IRIDIA/1996-003, Universit Libre de Bruxelles, Belgium.
- Dorigo, M., dan Gambardella, L. M. (1997). *Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem*. IEEE TRANSACTIONS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION, VOL. 1, NO. 1.
- Entin. 2010. *Kecerdasan Buatan (Bab 7 Algoritma Genetika)*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Surabaya.
- Glover, F dan Kochenberger, G.A. (Eds). (2003). *Handbook of Metaheuristics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Goodairrie, Edgar G. dan Parmenter, Michael M. (2002). *Discrete Mathematics with Graph Theory Second Edition*. United States of America: Prentice-Hall, Inc.
- Goss, S. et al.. 1989. *Self-organised short-cuts in the Argentine ant*. Naturwissenschaften 76. Germany.
- Ikhsan, H. (2016). *Penerapan Algoritma Genetika pada Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) untuk Distribusi Surat Kabar Kedaulatan Rakyat di Kabupaten Sleman*. Skripsi, tidak diterbitkan, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Rosen, Kenneth H. 2012. *Discrete Mathematics and Its Application Seventh Edition*. New York: Mc-Graw-Hill.
- Sahroni. 2011. *Aplikasi Graf dalam Pencarian Rute Terpendek menggunakan Algoritma ACO*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Fakultas sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga : Yogyakarta.

- Sawardi dan Anjar. 2004. *Algoritma Genetika Untuk Menyelesaikan Masalah Vehicle Routing*. Jurnal Matematika dan Komputer. ISSN : 1410-8518 : Vol. 7. No. 2, 1 10.
- Sivanandam, S.N dan Deepa, S.N. 2008. *Introduction to Genetic Algorithms*. Verlag Berlin Heidelberg: Springer.
- Solomon, M dan Desrosiers, J. 1988. *Time window constrained routing and scheduling Problems*. Transportation science, vol. 22
- Sulistiono. 2015. *Rancang bangun Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Tabu Search*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Fakultas sains dan Teknologi. UIN Sunan Kalijaga : Yogyakarta.
- Tarigan, D. 2008. *Pemodelan Vehicle Routing Problem Terbuka dengan Keterbatasan Waktu*. Medan : Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara
- Toth, P. dan Vigo, D. 2002. *The Vehicle Routing Problem*. Siam Publisher. Philadelphia.
- Xiao, Zhang dan Wang Jiang-qing. 2012. *Hybrid ant Algorithm and Applications for Vehicle Routing Problem*. Journal of the School of Computer Science. DOI :10/1016/j.phpro.2012.03.3

LAMPIRAN

Table invers jarak (η)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.1124	0.0617	0.0515	0.0704	0.0935	0.1587	0.1429	0.4167	0.0581	0.1149	1.4286	0.7143	0.1449	0.1205
2	0.1124	0.0000	0.1124	0.0629	0.1042	0.1961	0.3030	0.2500	0.1099	0.1136	0.1613	0.1176	0.1176	0.1111	1.0000
3	0.0617	0.1124	0.0000	0.0794	0.0813	0.1429	0.0862	0.0971	0.0565	0.3125	0.0746	0.0585	0.0621	0.0599	0.1163
5	0.0515	0.0629	0.0794	0.0000	0.0403	0.0962	0.0592	0.0472	0.0524	0.0629	0.0690	0.0505	0.0465	0.0362	0.0699
6	0.0704	0.1042	0.0813	0.0403	0.0000	0.0541	0.0926	0.1176	0.0662	0.0962	0.0719	0.0704	0.0746	0.1149	0.0943
7	0.0935	0.1961	0.1429	0.0962	0.0541	0.0000	0.1515	0.1087	0.0909	0.0962	0.1333	0.0917	0.0877	0.0667	0.2500
8	0.1587	0.3030	0.0862	0.0592	0.0926	0.1515	0.0000	0.2500	0.1266	0.0917	0.1923	0.1351	0.1408	0.1124	0.5000
9	0.1429	0.2500	0.0971	0.0472	0.1176	0.1087	0.2500	0.0000	0.1282	0.1020	0.1136	0.1515	0.1639	0.2000	0.1786
10	0.4167	0.1099	0.0565	0.0524	0.0662	0.0909	0.1266	0.1282	0.0000	0.0498	0.1667	0.3571	0.2632	0.1064	0.1163
11	0.0581	0.1136	0.3125	0.0629	0.0962	0.0962	0.0917	0.1020	0.0498	0.0000	0.0680	0.0592	0.0617	0.0610	0.1099
12	0.1149	0.1613	0.0746	0.0690	0.0719	0.1333	0.1923	0.1136	0.1667	0.0680	0.0000	0.1351	0.1205	0.0741	0.1639
13	1.4286	0.1176	0.0585	0.0505	0.0704	0.0917	0.1351	0.1515	0.3571	0.0592	0.1351	0.0000	0.6250	0.1316	0.1235
14	0.7143	0.1176	0.0621	0.0465	0.0746	0.0877	0.1408	0.1639	0.2632	0.0617	0.1205	0.6250	0.0000	0.1429	0.1351
15	0.1449	0.1111	0.0599	0.0362	0.1149	0.0667	0.1124	0.2000	0.1064	0.0610	0.0741	0.1316	0.1429	0.0000	0.0935
16	0.1205	1.0000	0.1163	0.0699	0.0943	0.2500	0.5000	0.1786	0.1163	0.1099	0.1639	0.1235	0.1351	0.0935	0.0000

ITERASI 1

Tabel perhitungan *Temporary* ($\times 10^{-4}$)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0159	0.0296	0.0521	0.0000	0.0000	0.0000	0.0202	0.0000	12.1803	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0753	0.0236	0.0648	0.2295	0.0000	0.3730	0.0000	0.0771	0.0000	0.0000	0.0000	0.0737	0.0000
3	0.0000	0.0753	0.0000	0.0376	0.0394	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5828	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.1218	0.0552	0.0174	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0552	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.5481	0.0444	0.0209	0.0512	0.1370	0.0000	0.3730	0.0000	0.0502	0.0000	0.0000	0.0000	0.0753	1.4921
9	0.0000	0.0000	0.0563	0.0133	0.0826	0.0705	0.0000	0.0000	0.0000	0.0621	0.0000	0.0000	0.0000	0.2387	0.0000
10	0.0000	0.0721	0.0191	0.0164	0.0262	0.0493	0.0956	0.0981	0.0000	0.0148	0.1658	0.0000	0.0000	0.0675	0.0807
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0236	0.0552	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.1553	0.0332	0.0284	0.0309	0.1061	0.2207	0.0771	0.0000	0.0276	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0826	0.0204	0.0152	0.0296	0.0502	0.1090	0.1370	0.7613	0.0209	0.1090	0.0000	2.3314	0.1033	0.0910
14	0.0000	0.0826	0.0230	0.0129	0.0332	0.0459	0.1184	0.1604	0.4133	0.0227	0.0866	0.0000	0.0000	0.1218	0.1090
15	0.1254	0.0737	0.0214	0.0078	0.0789	0.0265	0.0753	0.2387	0.0675	0.0222	0.0327	0.1033	0.1218	0.0000	0.0521
16	0.0866	5.9684	0.0807	0.0292	0.0531	0.3730	0.0000	0.1903	0.0000	0.0721	0.0000	0.0000	0.0000	0.0521	0.0000

Tabel perhitungan probabilitas (P_{ij}^k)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0024	0.0042	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.9904	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0822	0.0257	0.0706	0.2502	0.0000	0.4068	0.0000	0.0841	0.0000	0.0000	0.0000	0.0804	0.0000
3	0.0000	0.1025	0.0000	0.0511	0.0537	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7927	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.4880	0.2211	0.0699	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2211	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.1963	0.0159	0.0075	0.0183	0.0491	0.0000	0.1336	0.0000	0.0180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0270	0.5344
9	0.0000	0.0000	0.1075	0.0254	0.1578	0.1347	0.0000	0.0000	0.0000	0.1187	0.0000	0.0000	0.0000	0.4560	0.0000
10	0.0000	0.1022	0.0270	0.0232	0.0371	0.0699	0.1355	0.1390	0.0000	0.0209	0.2350	0.0000	0.0000	0.0957	0.1144
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.2996	0.7004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.2286	0.0489	0.0418	0.0455	0.1562	0.3249	0.1135	0.0000	0.0407	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0214	0.0053	0.0039	0.0077	0.0130	0.0282	0.0355	0.1972	0.0054	0.0282	0.0000	0.6038	0.0268	0.0236
14	0.0000	0.0672	0.0187	0.0105	0.0270	0.0373	0.0963	0.1304	0.3360	0.0185	0.0704	0.0000	0.0000	0.0990	0.0886
15	0.1197	0.0703	0.0204	0.0075	0.0753	0.0253	0.0719	0.2279	0.0645	0.0212	0.0313	0.0986	0.1163	0.0000	0.0498
16	0.0125	0.8643	0.0117	0.0042	0.0077	0.0540	0.0000	0.0276	0.0000	0.0104	0.0000	0.0000	0.0000	0.0075	0.0000

Rute hasil Ant Colony Optimization

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-10-12-8-16-2-9-15-1	290	36,2
1-7-3-11-6-5-1	190	75,5
Total jarak		111,7

Pembangkitan bilangan random untuk mutasi

Rute 1	13	14	10	12	8	16	2	9	15
	0,4093	0,8194	0,6211	0,5602	0,2440	0,8520	0,2632	0,7536	0,6596
Rute 2	7	3	11	6	5	1			
	0,2141	0,6021	0,5061	0,6595	0,1831	0,9429			

Rute terbaik hasil mutasi

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-14-10-12-8-16-2-9-15-1	290	36,2
1-13-7-3-11-6-5-1	190	75,5
Total jarak		111,7

Rute hasil 2-opt

move	Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
15 10	1-14-15-9-2-16-8-12-10-1	290	34
6 3	1-13-7-6-11-3-5-1	190	75,5
Total jarak			109,7

Tabel update pheromone global

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00145	0.00145	0.00054	0.00054
2	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145
3	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054
5	0.00145	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054
6	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054
7	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054
8	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145
9	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054
10	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054
11	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054
12	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054
13	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054
14	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054
15	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054
16	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00145	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054	0.00054

ITERASI 2

Tabel perhitungan *Temporary* ($\times 10^{-4}$)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0205	0.0385	0.0266	0.0469	0.0000	0.0000	0.0000	0.0182	0.0000	29.5659	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0678	0.0212	0.0583	0.2065	0.0000	0.9055	0.0000	0.0694	0.0000	0.0000	0.0000	0.0663	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0913	0.0355	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.4148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0385	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.1096	0.0497	0.0423	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0497	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.4933	0.0399	0.0188	0.0461	0.1233	0.0000	0.3357	0.0000	0.0452	0.0000	0.0000	0.0000	0.0678	3.6218
9	0.0000	0.0000	0.0506	0.0120	0.0743	0.0635	0.0000	0.0000	0.0000	0.0559	0.0000	0.0000	0.0000	0.5795	0.0000
10	0.0000	0.0649	0.0171	0.0147	0.0236	0.0444	0.0861	0.0883	0.0000	0.0133	0.4024	0.0000	0.0000	0.0608	0.0726
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0212	0.1339	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.1397	0.0299	0.0255	0.0278	0.0955	0.5358	0.0694	0.0000	0.0249	0.0000	0.0000	0.0000	0.0295	0.1444
13	0.0000	0.0743	0.0184	0.0137	0.0266	0.1219	0.0981	0.1233	0.6851	0.0188	0.0981	0.0000	2.0983	0.0930	0.0819
14	0.0000	0.0743	0.0207	0.0116	0.0299	0.0413	0.1066	0.1444	0.3720	0.0205	0.0780	0.0000	0.0000	0.2957	0.0981
15	0.1128	0.0000	0.0193	0.0071	0.0710	0.0239	0.0000	0.0000	0.0000	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	14.4873	0.0726	0.0263	0.0478	0.3357	0.0000	0.1713	0.0000	0.0649	0.0000	0.0000	0.0000	0.0469	0.0000

Tabel perhitungan probadilitas (P_{ij}^k)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0007	0.0013	0.0009	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.9949	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0486	0.0152	0.0418	0.1480	0.0000	0.6491	0.0000	0.0497	0.0000	0.0000	0.0000	0.0475	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0592	0.0230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.4363	0.1976	0.1685	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1976	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.1029	0.0083	0.0039	0.0096	0.0257	0.0000	0.0701	0.0000	0.0094	0.0000	0.0000	0.0000	0.0142	0.7558
9	0.0000	0.0000	0.0606	0.0143	0.0890	0.0759	0.0000	0.0000	0.0000	0.0669	0.0000	0.0000	0.0000	0.6933	0.0000
10	0.0000	0.0730	0.0193	0.0166	0.0265	0.0500	0.0969	0.0994	0.0000	0.0150	0.4531	0.0000	0.0000	0.0684	0.0818
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.1369	0.8631	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.1245	0.0267	0.0228	0.0248	0.0851	0.4774	0.0618	0.0000	0.0221	0.0000	0.0000	0.0000	0.0263	0.1286
13	0.0000	0.0209	0.0052	0.0039	0.0075	0.0343	0.0276	0.0347	0.1929	0.0053	0.0276	0.0000	0.5908	0.0262	0.0231
14	0.0000	0.0575	0.0160	0.0090	0.0231	0.0320	0.0824	0.1116	0.2877	0.0158	0.0603	0.0000	0.0000	0.2287	0.0759
15	0.4443	0.0000	0.0758	0.0278	0.2795	0.0940	0.0000	0.0000	0.0000	0.0786	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.9498	0.0048	0.0017	0.0031	0.0220	0.0000	0.0112	0.0000	0.0043	0.0000	0.0000	0.0000	0.0031	0.0000

Rute hasil Ant Colony Optimization

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-10-12-8-16-2-9-15-1	290	36,2
1-7-3-11-6-5-1	190	75,5
Total jarak		111,7

Pembangkitan bilangan random untuk mutasi

Rute 1	13	14	10	12	8	16	2	9	15
	0,7833	0,6808	0,9611	0,5074	0,7942	0,5922	0,6029	0,6503	0,4154
Rute 2	7	3	11	6	5	1			
	0,3050	0,8744	0,9700	0,7680	0,2311	0,7321			

Rute terbaik hasil mutasi

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-10-12-8-16-2-9-1	240	33
1-15-7-3-11-6-5-1	240	86,7
Total jarak		119,7

Rute hasil 2-opt

move	Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
10 9	1-13-14-9-2-16-8-12-10-1	240	29
7 6	1-15-6-11-3-7-5-1	240	66
Total jarak			95

Tabel update pheromone global

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00048	0.00048	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00228	0.00130	0.00154	0.00048
2	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00236
3	0.00048	0.00048	0.00048	0.00130	0.00048	0.00154	0.00048	0.00048	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048
5	0. ⁰⁻⁴⁰²²⁸	0.00048	0.00130	0.00048	0.00048	0.00154	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048
6	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00130	0.00048	0.00048	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00154	0.00048
7	0.00048	0.00048	0.00154	0.00154	0.00130	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00130	0.00048	0.00048	0.00048
8	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00228
9	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00154	0.00130	0.00048
10	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048
11	0.00048	0.00048	0.00228	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048
12	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00228	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048
13	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00130	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00154	0.00048	0.00048
14	0.00130	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00154	0.00048	0.00048	0.00048	0.00154	0.00048	0.00130	0.00048
15	0.00154	0.00048	0.00048	0.00048	0.00154	0.00048	0.00048	0.00130	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00130	0.00048	0.00048
16	0.00048	0.00236	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00228	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048	0.00048

ITERASI 3

Tabel perhitungan *Temporary* ($\times 10^{-4}$)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0184	0.0606	0.0240	0.0422	0.0000	0.0000	0.0000	0.0163	0.0000	46.5269	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0610	0.0191	0.0525	0.1859	0.4439	0.0000	0.0584	0.0624	0.1258	0.0000	0.0000	0.0597	23.5649
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0320	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.2264	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0821	0.0000	0.0079	0.1425	0.0000	0.0000	0.0000	0.0191	0.0000	0.0000	0.0105	0.0000	0.0000
6	0.0240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.3146	0.0000	0.0381	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0447	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0359	0.0169	0.0414	0.1110	0.0000	0.0000	0.0775	0.0407	0.8431	0.0000	0.0000	0.0610	0.0000
9	0.0000	1.4249	0.0456	0.0108	0.0669	0.0571	0.3021	0.0000	0.0795	0.0503	0.0624	0.0000	0.0000	0.5215	0.1542
10	0.0000	0.0000	0.0154	0.0133	0.0212	0.0400	0.0000	0.0795	0.0000	0.0120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0547	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0269	0.0230	0.0250	0.0859	0.0000	0.0000	0.6333	0.0224	0.0000	0.0000	0.0000	0.0265	0.0000
13	0.0000	0.0669	0.0165	0.0123	0.0240	0.1097	0.0883	0.1110	0.6166	0.0169	0.0883	0.0000	6.0213	0.0837	0.0737
14	0.0000	0.0669	0.0187	0.0105	0.0269	0.0372	0.0959	0.4143	0.3348	0.0184	0.0702	0.0000	0.0000	0.2661	0.0883
15	0.0000	0.0000	0.0173	0.0063	0.2037	0.0215	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180	0.0000	0.0000	0.2661	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0654	0.0236	0.0430	0.3021	5.6995	0.0000	0.0654	0.0584	0.1299	0.0000	0.0000	0.0422	0.0000

Tabel perhitungan probabilitas (P_{ij}^k)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	0	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0004	0.0013	0.0005	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.9965	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0025	0.0008	0.0021	0.0075	0.0180	0.0000	0.0024	0.0025	0.0051	0.0000	0.0000	0.0024	0.9566
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9859	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.3134	0.0000	0.0300	0.5438	0.0000	0.0000	0.0000	0.0730	0.0000	0.0000	0.0399	0.0000	0.0000
6	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.7916	0.0000	0.0959	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0293	0.0138	0.0338	0.0904	0.0000	0.0000	0.0631	0.0331	0.6868	0.0000	0.0000	0.0497	0.0000
9	0.0000	0.5134	0.0164	0.0039	0.0241	0.0206	0.1089	0.0000	0.0286	0.0181	0.0225	0.0000	0.0000	0.1879	0.0555
10	0.0000	0.0000	0.0654	0.0562	0.0898	0.1693	0.0000	0.3367	0.0000	0.0507	0.0000	0.0000	0.0000	0.2319	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0319	0.0273	0.0297	0.1019	0.0000	0.0000	0.7512	0.0265	0.0000	0.0000	0.0000	0.0315	0.0000
13	0.0000	0.0091	0.0023	0.0017	0.0033	0.0150	0.0120	0.0151	0.0841	0.0023	0.0120	0.0000	0.8215	0.0114	0.0101
14	0.0000	0.0462	0.0129	0.0072	0.0186	0.0257	0.0662	0.2861	0.2312	0.0127	0.0485	0.0000	0.0000	0.1838	0.0610
15	0.0000	0.0000	0.0325	0.0119	0.3822	0.0403	0.0000	0.0000	0.0000	0.0337	0.0000	0.0000	0.4993	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0102	0.0037	0.0067	0.0470	0.8865	0.0000	0.0102	0.0091	0.0202	0.0000	0.0000	0.0066	0.0000

Rute hasil Ant Colony Optimization

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-9-2-16-8-12-10-15-1	290	42,9
1-5-7-3-11-6-1	190	64,7
Total jarak		107,5

Pembangkitan bilangan random untuk mutasi

Rute 1	13	14	9	2	16	8	12	10	15
	0,4971	0,7604	0,6068	0,8939	0,6949	0,6254	0,8948	0,9568	0,2897
Rute 2	5	7	3	11	6	1			
	0,1681	0,8801	0,9797	0,7027	0,0931	0,5681			

Rute terbaik hasil mutasi

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-14-9-2-16-8-12-10-15-1	270	42
1-13-5-7-3-11-6-1	210	65,7
Total jarak		107,7

Rute hasil 2-opt

move		Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
14	10	1-10-12-8-16-2-9-14-15-1	270	40,6
7	6	1-13-7-5-3-11-6-1	210	62,4
Total jarak				103

Tabel update pheromone global

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00044	0.00044	0.00044	0.00205	0.00149	0.00044	0.00044	0.00044	0.00310	0.00044	0.00044	0.00310	0.00117	0.00244	0.00044
2	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00317
3	0.00044	0.00044	0.00044	0.00222	0.00044	0.00139	0.00044	0.00044	0.00044	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044
5	0.00205	0.00044	0.00222	0.00044	0.00044	0.00244	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044
6	0.00149	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00117	0.00044	0.00044	0.00044	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00139	0.00044
7	0.00044	0.00044	0.00139	0.00244	0.00117	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00222	0.00044	0.00044	0.00044
8	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00310
9	0.00044	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00244	0.00117	0.00044
10	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044
11	0.00044	0.00044	0.00310	0.00044	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044
12	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00310	0.00044	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044
13	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00222	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00139	0.00044	0.00044
14	0.00117	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00244	0.00044	0.00044	0.00044	0.00139	0.00044	0.00222	0.00044
15	0.00244	0.00044	0.00044	0.00044	0.00139	0.00044	0.00044	0.00117	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00222	0.00044	0.00044
16	0.00044	0.00317	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00310	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044	0.00044

ITERASI 4

Tabel perhitungan *Temporary* ($\times 10^{-4}$)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0166	0.0545	0.0738	0.0380	0.0000	0.0000	0.0000	0.0147	0.0000	63.2787	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0549	0.0172	0.0472	0.1673	0.3995	0.0000	0.0525	0.0562	0.1132	0.0000	0.0000	0.0537	31.6950
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.1401	0.0000	0.2831	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0288	0.0071	0.0000	0.0343	0.0000	0.0000	0.0000	0.2867	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.2254	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0323	0.0152	0.0373	0.0999	0.0000	0.0000	0.0697	0.0366	1.1467	0.0000	0.0000	0.0549	0.0000
9	0.0000	1.9379	0.0410	0.0097	0.0602	0.0514	0.2719	0.0000	0.0715	0.0453	0.0562	0.0000	0.0000	0.4694	0.1387
10	0.0000	0.0000	0.0139	0.0119	0.0191	0.0360	0.0000	0.0000	0.0000	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000	0.0492	0.0000
11	0.0000	0.0000	3.0280	0.0172	0.0000	0.0402	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0242	0.0207	0.0225	0.0774	0.0000	0.0000	0.8613	0.0201	0.0000	0.0000	0.0000	0.0239	0.0000
13	63.2787	0.0602	0.0149	0.0111	0.0216	0.1872	0.0795	0.0999	0.5550	0.0152	0.0795	0.0000	5.4191	0.0753	0.0663
14	0.0000	0.0602	0.0168	0.0094	0.0242	0.0335	0.0863	0.6551	0.3013	0.0166	0.0632	0.0000	0.0000	0.4540	0.0795
15	0.0000	0.0537	0.0156	0.0057	0.1830	0.0193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0162	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0588	0.0213	0.0387	0.2719	7.7516	0.0000	0.0588	0.0525	0.1169	0.0000	0.0000	0.0380	0.0000

Rute hasil *Ant Colony Optimization*

Rute	Total Permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-9-2-16-8-12-10-15-1	290	42,9
1-6-11-3-7-5-1	190	64,7
Total jarak		107,5

Pembangkitan bilangan random untuk mutasi

Rute 1	13	14	9	2	16	8	12	10	15
	0,7027	0,4931	0,4449	0,6213	0,8073	0,6946	0,2770	0,7226	0,8801
Rute 2	6	11	3	7	5	1			
	0,1730	0,9101	0,2714	0,7523	0,8757	0,7573			

Rute terbaik hasil mutasi

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-9-2-16-8-12-10-15-1	265	41,8
1-14-6-11-3-7-5-1	215	65,2
Total jarak		107

Rute hasil *2-opt*

<i>move</i>	Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
9 10	1-13-10-12-8-16-2-9-15-1	265	33,6
7 5	1-14-6-11-3-5-7-1	215	62,1
Total jarak			95,7

Tabel update pheromone global

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00039	0.00039	0.00039	0.00185	0.00134	0.00146	0.00039	0.00039	0.00279	0.00039	0.00039	0.00362	0.00206	0.00308	0.00039
2	0.00044	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00362	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00367
3	0.00044	0.00039	0.00039	0.00291	0.00039	0.00125	0.00039	0.00039	0.00039	0.00362	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039
5	0.00185	0.00039	0.00291	0.00039	0.00039	0.00308	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039
6	0.00134	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00106	0.00039	0.00039	0.00039	0.00362	0.00039	0.00039	0.00146	0.00125	0.00039
7	0.00146	0.00039	0.00125	0.00308	0.00106	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00200	0.00039	0.00039	0.00039
8	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00362	0.00039	0.00039	0.00039	0.00362
9	0.00039	0.00362	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00219	0.00206	0.00039
10	0.00279	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00362	0.00146	0.00039	0.00039	0.00039
11	0.00039	0.00039	0.00362	0.00039	0.00362	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039
12	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00362	0.00039	0.00362	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039
13	0.00362	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00200	0.00039	0.00039	0.00146	0.00039	0.00039	0.00039	0.00125	0.00039	0.00039
14	0.00206	0.00039	0.00039	0.00039	0.00146	0.00039	0.00039	0.00219	0.00039	0.00039	0.00039	0.00125	0.00039	0.00200	0.00039
15	0.00308	0.00039	0.00039	0.00039	0.00125	0.00039	0.00039	0.00206	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00200	0.00039	0.00039
16	0.00039	0.00367	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00362	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039

ITERASI 5

Tabel perhitungan *temporary* ($\times 10^{-4}$)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0149	0.0491	0.0664	0.1274	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0000	73.8343	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0494	0.0155	0.0425	0.1506	0.3596	0.0000	0.0473	0.0506	0.1019	0.0000	0.0000	0.0483	36.7364
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0259	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.5331	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.1832	0.0000	0.0064	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.2548	0.2848	0.0309	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0362	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0291	0.0137	0.0336	0.0899	0.0000	0.0000	0.0627	0.0330	1.3380	0.0000	0.0000	0.0494	0.0000
9	0.0000	2.2612	0.0369	0.0087	0.0542	0.0463	0.2447	0.0000	0.0644	0.0408	0.0506	0.0000	0.0000	0.8227	0.1249
10	0.0000	0.0000	0.0125	0.0107	0.0172	0.0324	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0443	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3345	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0218	0.0186	0.0203	0.0696	0.0000	0.0000	0.7126	0.0181	0.0000	0.0000	0.0000	0.0215	0.0000
13	0.0000	0.0542	0.0134	0.0100	0.0993	0.0330	0.0715	0.3349	0.4995	0.0137	0.0715	0.0000	1.5296	0.0678	0.0000
14	0.0000	0.0542	0.0151	0.0085	0.0812	0.0301	0.0777	0.5896	0.2712	0.0149	0.0568	0.0000	0.0000	0.4086	0.0715
15	0.0000	0.0000	0.0140	0.0051	0.1647	0.0174	0.0000	0.0000	0.0000	0.0146	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0529	0.0191	0.0349	0.2447	9.0447	0.0000	0.0529	0.0473	0.1052	0.0000	0.0000	0.0342	0.0000

Rute hasil Ant Colony Optimization

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-9-2-16-8-12-10-15-1	290	42,9
1-7-5-3-11-6-1	190	61,5
Total jarak		104,4

Pembangkitan bilangan random untuk mutasi

Rute 1	13	14	9	2	16	8	12	10	15
	0,9301	0,1414	0,7487	0,7513	0,8101	0,7614	0,8213	0,4179	0,3141
Rute 2	7	5	3	11	6	1			
	0,2911	0,7261	0,5917	0,0813	0,8873	0,9003			

Rute terbaik hasil mutasi

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-9-2-16-8-12-10-1	240	29
1-15-7-5-3-11-6-1	240	72,7
Total jarak		101,7

Rute hasil 2-opt

move	Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
14 10	1-13-10-12-8-16-2-9-14-1	240	29,2
7 6	1-15-6-11-3-5-7-1	240	62,9
Total jarak			92,1

Tabel Update pheromone global

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00035	0.00035	0.00035	0.00166	0.00121	0.00232	0.00035	0.00035	0.00251	0.00035	0.00035	0.00407	0.00281	0.00364	0.00035
2	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00407	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00412
3	0.00035	0.00035	0.00035	0.00350	0.00035	0.00112	0.00035	0.00035	0.00035	0.00407	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035
5	0.00166	0.00035	0.00350	0.00035	0.00035	0.00363	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035
6	0.00121	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00095	0.00035	0.00035	0.00035	0.00407	0.00035	0.00035	0.00131	0.00215	0.00035
7	0.00232	0.00035	0.00112	0.00363	0.00095	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00180	0.00035	0.00035	0.00044
8	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00407	0.00035	0.00035	0.00035	0.00407
9	0.00035	0.00407	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00292	0.00185	0.00035
10	0.00251	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00407	0.00232	0.00035	0.00037	0.00035
11	0.00035	0.00035	0.00407	0.00035	0.00407	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035
12	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00407	0.00035	0.00407	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035
13	0.00407	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00180	0.00035	0.00035	0.00232	0.00035	0.00035	0.00035	0.00112	0.00035	0.00035
14	0.00281	0.00035	0.00035	0.00035	0.00131	0.00035	0.00035	0.00292	0.00035	0.00035	0.00035	0.00112	0.00035	0.00180	0.00035
15	0.00364	0.00035	0.00035	0.00035	0.00215	0.00035	0.00035	0.00185	0.00037	0.00035	0.00035	0.00035	0.00180	0.00035	0.00035
16	0.00035	0.00412	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00407	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035

ITERASI 6

Tabel perhitungan *Temporary* ($\times 10^{-4}$)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0134	0.0442	0.0598	0.2027	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.0000	83.0607	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0445	0.0139	0.0382	0.1355	0.3236	0.0000	0.0426	0.0455	0.0917	0.0000	0.0000	0.0435	41.1514
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.2201	0.0000	0.2293	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0233	0.0057	0.0000	0.0278	0.0000	0.0000	0.0000	0.3763	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.3361	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0262	0.0123	0.0302	0.0809	0.0000	0.0000	0.0565	0.0297	1.5052	0.0000	0.0000	0.0445	0.0000
9	0.0000	2.5437	0.0332	0.0078	0.0488	0.0416	0.2203	0.0000	0.0579	0.0367	0.0455	0.0000	0.0000	0.7405	0.1124
10	0.0000	0.0000	0.0112	0.0097	0.0155	0.0291	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	0.0420	0.0000
11	0.0000	0.0000	3.9746	0.0139	0.0000	0.0326	0.0297	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0196	0.0168	0.0182	0.0627	0.0000	0.0000	1.1305	0.0163	0.0000	0.0000	0.0000	0.0193	0.0000
13	0.0000	0.0488	0.0121	0.0090	0.0175	0.1516	0.0644	0.0809	2.9606	0.0123	0.0644	0.0000	4.3895	0.0610	0.0537
14	0.0000	0.0488	0.0136	0.0076	0.0731	0.0271	0.0699	0.7838	0.2441	0.0134	0.0512	0.0000	0.0000	0.3677	0.0644
15	0.0000	0.0000	0.0126	0.0046	0.2839	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0477	0.0172	0.0314	0.2203	10.1749	0.0000	0.0477	0.0426	0.0947	0.0000	0.0000	0.0308	0.0000

Rute hasil *Ant Colony Optimization*

Rute	Total Permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-9-2-16-8-12-10-15-1	290	42,9
1-6-11-3-7-5-1	190	64,7
Total jarak		107,5

Pembangkitan bilangan random untuk mutasi

Rute 1	13	14	9	2	16	8	12	10	15
	0,9342	0,6453	0,1603	0,8729	0,2379	0,1694	0,9669	0,6649	0,8709
Rute 2	7	5	3	11	6	1			
	0,0099	0,1370	0,8188	0,4302	0,8903	0,7346			

Rute terbaik hasil mutasi

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-2-16-8-12-10-15-1	280	41,3
1-19-6-11-3-7-5-1	200	65,9
Total jarak		107,2

Rute hasil *2-opt*

<i>move</i>	Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
14 10	1-13-10-12-8-16-2-14-15-1	280	30,1
7 5	1-9-6-11-3-5-7-1	200	62,8
Total jarak			102,9

Tabel Update pheromone global

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00032	0.00032	0.00032	0.00150	0.00108	0.00302	0.00032	0.00142	0.00226	0.00032	0.00032	0.00444	0.00252	0.00409	0.00032
2	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00366	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00142	0.00032	0.00447
3	0.00032	0.00032	0.00032	0.00397	0.00032	0.00101	0.00032	0.00032	0.00032	0.00444	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032
5	0.00150	0.00032	0.00397	0.00032	0.00032	0.00408	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032
6	0.00108	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00086	0.00032	0.00142	0.00032	0.00444	0.00032	0.00032	0.00118	0.00193	0.00032
7	0.00302	0.00032	0.00101	0.00408	0.00086	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00162	0.00032	0.00032	0.00032
8	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00444	0.00032	0.00032	0.00032	0.00444
9	0.00142	0.00366	0.00032	0.00032	0.00142	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00262	0.00167	0.00032
10	0.00226	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00444	0.00302	0.00032	0.00033	0.00032
11	0.00032	0.00032	0.00444	0.00032	0.00444	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032
12	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00444	0.00032	0.00444	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032
13	0.00444	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00162	0.00032	0.00032	0.00302	0.00032	0.00032	0.00032	0.00101	0.00032	0.00032
14	0.00252	0.00142	0.00032	0.00032	0.00118	0.00032	0.00032	0.00262	0.00032	0.00032	0.00032	0.00101	0.00032	0.00260	0.00032
15	0.00409	0.00032	0.00032	0.00032	0.00193	0.00032	0.00032	0.00167	0.00033	0.00032	0.00032	0.00032	0.00260	0.00032	0.00032
16	0.00032	0.00447	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00444	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032	0.00032

ITERASI 7

Table perhitungan *Temporary* ($\times 10^{-4}$)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0121	0.0397	0.0538	0.2637	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0000	90.5341	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0400	0.0125	0.0344	0.1219	0.2913	0.0000	0.0383	0.0410	0.0825	0.0000	0.0000	0.0392	44.7276
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0210	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.3322	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.2501	0.0000	0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0210	0.0052	0.0000	0.0250	0.0000	0.0000	0.0000	0.4101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.2064	0.3776	0.0250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0293	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0236	0.0111	0.0272	0.0728	0.0000	0.0000	0.0508	0.0267	1.6406	0.0000	0.0000	0.0400	0.0000
9	0.0000	2.2894	0.0299	0.0071	0.1972	0.0375	0.1982	0.0000	0.0521	0.0330	0.0410	0.0000	0.0000	0.6664	0.1011
10	0.0000	0.0000	0.0101	0.0087	0.0139	0.0262	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0000	0.0000	0.0000	0.0378	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0177	0.0151	0.0164	0.0564	0.0000	0.0000	1.2323	0.0147	0.0000	0.0000	0.0000	0.0174	0.0000
13	0.0000	0.0439	0.0108	0.0081	0.0157	0.1365	0.0579	0.0728	3.8515	0.0111	0.0579	0.0000	3.9505	0.0549	0.0483
14	0.0000	0.1972	0.0122	0.0069	0.0658	0.0244	0.0629	0.7054	0.2197	0.0121	0.0460	0.0000	0.0000	0.5304	0.0579
15	0.0000	0.0000	0.0114	0.0042	0.2556	0.0141	0.0000	0.0000	0.0000	0.0118	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0429	0.0155	0.0282	0.1982	11.0904	0.0000	0.0429	0.0383	0.0852	0.0000	0.0000	0.0277	0.0000

Table perhitungan probabilitas

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004	0.0006	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.9958	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0009	0.0003	0.0008	0.0027	0.0064	0.0000	0.0008	0.0009	0.0018	0.0000	0.0000	0.0009	0.9846
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9952	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.9339	0.0000	0.0193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0469	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0455	0.0112	0.0000	0.0542	0.0000	0.0000	0.0000	0.8892	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.3234	0.5915	0.0392	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0459	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0125	0.0059	0.0144	0.0385	0.0000	0.0000	0.0268	0.0141	0.8667	0.0000	0.0000	0.0212	0.0000
9	0.0000	0.6267	0.0082	0.0019	0.0540	0.0103	0.0543	0.0000	0.0143	0.0090	0.0112	0.0000	0.0000	0.1824	0.0277
10	0.0000	0.0000	0.0968	0.0831	0.1330	0.2507	0.0000	0.0000	0.0000	0.0751	0.0000	0.0000	0.0000	0.3613	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0129	0.0110	0.0120	0.0412	0.0000	0.0000	0.8995	0.0107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.0000
13	0.0000	0.0053	0.0013	0.0010	0.0019	0.0164	0.0070	0.0088	0.4629	0.0013	0.0070	0.0000	0.4748	0.0066	0.0058
14	0.0000	0.1016	0.0063	0.0035	0.0339	0.0126	0.0324	0.3634	0.1132	0.0062	0.0237	0.0000	0.0000	0.2733	0.0298
15	0.0000	0.0000	0.0383	0.0140	0.8605	0.0475	0.0000	0.0000	0.0000	0.0397	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0037	0.0013	0.0024	0.0171	0.9586	0.0000	0.0037	0.0033	0.0074	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000

Rute hasil *Ant Colony Optimization*

Rute	Total Permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-9-2-16-8-12-10-15-1	290	42,9
1-7-5-3-11-6-1	190	61,5
Total jarak		104,4

Pembangkitan bilangan random untuk mutasi

Rute 1	13	14	9	2	16	8	12	10	15
	0,3567	0,4983	0,4344	0,5652	0,6166	0,1133	0,8989	0,7546	0,7911
Rute 2	7	5	3	11	6	1			
	0,8150	0,6709	0,2009	0,2731	0,6251	0,5369			

Rute terbaik hasil mutasi

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-9-2-16-12-10-15-1	270	41,8
1-7-5-8-3-11-6-1	200	77,4
Total jarak		119,2

Rute hasil *2-opt*

<i>move</i>	Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
9 10	1-13-14-10-12-16-2-9-15-1	270	35,1
7 5	1-8-5-7-3-11-6--1	200	68,4
Total jarak			103,5

Tabel Update pheromone global

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00029	0.00029	0.00029	0.00135	0.00202	0.00272	0.00140	0.00128	0.00203	0.00029	0.00029	0.00473	0.00227	0.00445	0.00029
2	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00411	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00128	0.00029	0.00476
3	0.00029	0.00029	0.00029	0.00357	0.00029	0.00196	0.00029	0.00029	0.00029	0.00473	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029
5	0.00135	0.00029	0.00357	0.00029	0.00029	0.00445	0.00140	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029
6	0.00202	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00077	0.00029	0.00128	0.00029	0.00473	0.00029	0.00029	0.00106	0.00174	0.00029
7	0.00272	0.00029	0.00196	0.00445	0.00077	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00146	0.00029	0.00029	0.00029
8	0.00140	0.00029	0.00029	0.00140	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00399	0.00029	0.00029	0.00029	0.00399
9	0.00128	0.00411	0.00029	0.00029	0.00128	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00236	0.00249	0.00029
10	0.00203	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00473	0.00272	0.00140	0.00030	0.00029
11	0.00029	0.00029	0.00473	0.00029	0.00473	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029
12	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00399	0.00029	0.00473	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00140
13	0.00473	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00146	0.00029	0.00029	0.00272	0.00029	0.00029	0.00029	0.00196	0.00029	0.00029
14	0.00227	0.00128	0.00029	0.00029	0.00106	0.00029	0.00029	0.00236	0.00140	0.00029	0.00029	0.00196	0.00029	0.00234	0.00029
15	0.00445	0.00029	0.00029	0.00029	0.00174	0.00029	0.00029	0.00249	0.00030	0.00029	0.00029	0.00029	0.00234	0.00029	0.00029
16	0.00029	0.00476	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029	0.00399	0.00029	0.00029	0.00029	0.00140	0.00029	0.00029	0.00029	0.00029

ITERASI 8

Tabel perhitungan *Temporary* ($\times 10^{-4}$)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0109	0.0358	0.1001	0.2374	0.0000	0.0000	0.0000	0.0096	0.0000	96.5876	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0360	0.0113	0.0310	0.1098	0.0000	2.5666	0.0000	0.0369	0.0000	0.0000	0.0000	0.0352	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0189	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.6219	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.2251	0.0000	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0189	0.0046	0.0000	0.0225	0.0000	0.0000	0.0000	0.4376	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.3997	0.4112	0.0225	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0264	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.2621	0.0212	0.0489	0.0245	0.0655	0.0000	0.1784	0.0000	0.0240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0360	9.9814
9	0.0000	0.0000	0.0269	0.0064	0.1775	0.0337	0.0000	0.0000	0.0000	0.0297	0.0000	0.0000	0.0000	0.9956	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0091	0.0078	0.0125	0.0236	0.0457	0.0469	0.0000	0.0071	1.3147	0.0000	0.0000	0.0340	0.0386
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4376	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0743	0.0159	0.0136	0.0148	0.0507	1.4765	0.0369	0.0000	0.0132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0157	0.3753
13	0.0000	0.0395	0.0098	0.0073	0.0142	0.1228	0.0521	0.0655	3.4664	0.0100	0.0521	0.0000	7.6511	0.0494	0.0435
14	0.0000	0.1775	0.0110	0.0062	0.0592	0.0220	0.0566	0.6349	0.9670	0.0109	0.0414	0.0000	0.0000	0.4773	0.0521
15	0.0000	0.0000	0.0102	0.0037	0.2300	0.0127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0106	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	47.6242	0.0386	0.0140	0.0254	0.1784	0.0000	0.0910	0.0000	0.0345	0.0000	0.0000	0.0000	0.0249	0.0000

Rute hasil *Ant Colony Optimization*

Rute	Total Permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-10-12-8-16-2-9-15-1	290	36,2
1-7-5-3-11-6-1	190	61,5
Total jarak		97,7

Pembangkitan bilangan random untuk mutasi

Rute 1	13	14	10	12	8	16	2	9	15
	0,9501	0,2311	0,6068	0,4860	0,8913	0,7621	0,4565	0,0185	0,8214
Rute 2	7	5	3	11	6	1			
	0,6154	0,4337	0,7919	0,9218	0,7382	0,1763			

Rute terbaik hasil mutasi

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-10-12-8-16-2-9-15-1	265	33,6
1-7-5-3-11-6-14-1	215	62,1
Total jarak		95,7

Rute hasil *2-opt*

<i>move</i>	Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
10 15	1-13-15-9-2-16-8-12-10-1	265	33,9
7 5	1-5-7-3-11-6-14-1	215	65,2
Total jarak			99,1

Tabel Update pheromone global

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00026	0.00026	0.00026	0.00121	0.00182	0.00334	0.00126	0.00115	0.00183	0.00026	0.00026	0.00497	0.00298	0.00474	0.00026
2	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00447	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00115	0.00026	0.00500
3	0.00026	0.00026	0.00026	0.00403	0.00026	0.00176	0.00026	0.00026	0.00026	0.00497	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026
5	0.00121	0.00026	0.00403	0.00026	0.00026	0.00474	0.00126	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026
6	0.00182	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00069	0.00026	0.00115	0.00026	0.00497	0.00026	0.00026	0.00200	0.00157	0.00026
7	0.00334	0.00026	0.00176	0.00474	0.00069	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00131	0.00026	0.00026	0.00026
8	0.00126	0.00026	0.00026	0.00126	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00437	0.00026	0.00026	0.00026	0.00437
9	0.00115	0.00447	0.00026	0.00026	0.00115	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00213	0.00316	0.00026
10	0.00183	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00497	0.00334	0.00126	0.00027	0.00026
11	0.00026	0.00026	0.00497	0.00026	0.00497	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026
12	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00437	0.00026	0.00497	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00126
13	0.00497	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00131	0.00026	0.00026	0.00334	0.00026	0.00026	0.00026	0.00176	0.00026	0.00026
14	0.00298	0.00115	0.00026	0.00026	0.00200	0.00026	0.00026	0.00213	0.00126	0.00026	0.00026	0.00176	0.00026	0.00211	0.00026
15	0.00474	0.00026	0.00026	0.00026	0.00157	0.00026	0.00026	0.00316	0.00027	0.00026	0.00026	0.00026	0.00211	0.00026	0.00026
16	0.00026	0.00500	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026	0.00437	0.00026	0.00026	0.00026	0.00126	0.00026	0.00026	0.00026	0.00026

ITERASI 9

Tabel perhitungan *Temporary* ($\times 10^{-4}$)

Lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0098	0.0322	0.0901	0.2918	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0000	101.4908	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0324	0.0102	0.0279	0.0988	0.0000	2.7911	0.0000	0.0332	0.0000	0.0000	0.0000	0.0317	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.8565	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.2541	0.0000	0.0042	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0901	0.0279	0.0170	0.0042	0.0000	0.0202	0.0220	0.1598	0.0113	0.4598	0.0133	0.0127	0.1114	0.2070	0.0229
7	0.0000	0.0000	0.3598	0.4384	0.0202	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0238	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.2359	0.0191	0.0440	0.0220	0.0590	0.0000	0.1606	0.0000	0.0216	0.0000	0.0000	0.0000	0.0324	10.9337
9	0.0000	0.0000	0.0242	0.0057	0.1598	0.0304	0.0000	0.0000	0.0000	0.0268	0.0000	0.0000	0.0000	1.2622	0.0000
10	0.0000	0.0310	0.0082	0.0070	0.0113	0.0212	0.0412	0.0422	0.0000	0.0064	1.3814	0.0000	0.0000	0.0306	0.0347
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4598	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0668	0.0143	0.0122	0.0133	0.0457	1.6174	0.0332	0.0000	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0141	0.3378
13	0.0000	0.0356	0.0088	0.0066	0.0127	0.1106	0.0469	0.0590	4.2612	0.0090	0.0469	0.0000	6.8860	0.0445	0.0392
14	0.0000	0.1598	0.0099	0.0056	0.1114	0.0198	0.0510	0.5714	0.8703	0.0098	0.0373	0.0000	0.0000	0.4296	0.0469
15	0.9961	0.0317	0.0092	0.0034	0.2070	0.0114	0.0324	1.2622	0.0306	0.0096	0.0141	0.0445	0.4296	0.0000	0.0224
16	0.0000	49.9705	0.0347	0.0126	0.0229	0.1606	0.0000	0.0819	0.0000	0.0310	0.0000	0.0000	0.0000	0.0224	0.0000

Rute hasil *Ant Colony Optimization*

Rute	Total Permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-10-12-8-16-2-9-15-1	290	36,2
1-7-5-3-11-6-1	190	61,5
Total jarak		97,7

Pembangkitan bilangan random untuk mutasi

Rute 1	13	14	10	12	8	16	2	9	15
	0,0153	0,7468	0,4451	0,9318	0,4660	0,4184	0,8462	0,5201	0,5026
Rute 2	7	5	3	11	6	1			
	0,6721	0,8381	0,1961	0,6813	0,3795	0,8318			

Rute terbaik hasil mutasi

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-10-12-8-2-9-15-1	240	36,5
1-7-5-3-11-16-6-1	240	70,8
Total jarak		107,3

Rute hasil *2-opt*

<i>move</i>	Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
10 15	1-13-14-15-9-2-8-12-10-1	240	35,2
16 6	1-7-5-3-11-6-16-1	240	66,2
Total jarak			101,4

Tabel *Update pheromone global*

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00023	0.00023	0.00023	0.00109	0.00163	0.00385	0.00113	0.00104	0.00262	0.00023	0.00023	0.00517	0.00268	0.00427	0.00135
2	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00135	0.00476	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00104	0.00023	0.00450
3	0.00023	0.00023	0.00023	0.00441	0.00023	0.00159	0.00023	0.00023	0.00023	0.00517	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023
5	0.00109	0.00023	0.00441	0.00023	0.00023	0.00498	0.00113	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023
6	0.00163	0.00023	0.00023	0.00132	0.00023	0.00062	0.00023	0.00104	0.00023	0.00517	0.00023	0.00023	0.00180	0.00141	0.00135
7	0.00385	0.00023	0.00159	0.00389	0.00062	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00118	0.00023	0.00023	0.00023
8	0.00113	0.00135	0.00023	0.00113	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00468	0.00023	0.00023	0.00023	0.00394
9	0.00104	0.00476	0.00023	0.00023	0.00104	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00191	0.00370	0.00023
10	0.00262	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00517	0.00301	0.00113	0.00024	0.00023
11	0.00023	0.00023	0.00517	0.00023	0.00517	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023
12	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00468	0.00023	0.00517	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00113
13	0.00517	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023	0.00118	0.00023	0.00023	0.00301	0.00023	0.00023	0.00023	0.00257	0.00023	0.00023
14	0.00268	0.00104	0.00023	0.00023	0.00180	0.00023	0.00023	0.00191	0.00113	0.00023	0.00023	0.00257	0.00023	0.00284	0.00023
15	0.00427	0.00023	0.00023	0.00023	0.00141	0.00023	0.00023	0.00370	0.00024	0.00023	0.00023	0.00023	0.00284	0.00023	0.00023
16	0.00135	0.00410	0.00023	0.00023	0.00135	0.00023	0.00394	0.00023	0.00023	0.00023	0.00113	0.00023	0.00023	0.00023	0.00023

ITERASI 10

Tabel perhitungan *Temporary* ($\times 10^{-4}$)

lokasi	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.0000	0.0000	0.0088	0.0290	0.0811	0.3359	0.0000	0.0000	0.0000	0.0078	0.0000	105.4625	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0292	0.0091	0.0251	0.0889	0.0000	2.9730	0.0000	0.0299	0.0000	0.0000	0.0000	0.0285	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	5.0465	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.2776	0.0000	0.0038	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0091	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0811	0.0251	0.0153	0.0214	0.0000	0.0182	0.0198	0.1438	0.0101	0.4778	0.0120	0.0115	0.1003	0.1863	0.1199
7	0.0000	0.0000	0.3238	0.3601	0.0182	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0214	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	1.2375	0.0172	0.0396	0.0198	0.0531	0.0000	0.1445	0.0000	0.0195	0.0000	0.0000	0.0000	0.0292	9.8403
9	0.0000	0.0000	0.0218	0.0051	0.1438	0.0273	0.0000	0.0000	0.0000	0.0241	0.0000	0.0000	0.0000	1.4782	0.0000
10	0.0000	0.0279	0.0074	0.0063	0.0101	0.0191	0.0370	0.0380	0.0000	0.0057	1.4355	0.0000	0.0000	0.0275	0.0313
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4778	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0602	0.0129	0.0110	0.0120	0.0411	1.7315	0.0299	0.0000	0.0107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.3040
13	0.0000	0.0320	0.0079	0.0059	0.0115	0.0995	0.0422	0.0531	3.8351	0.0081	0.0422	0.0000	10.0288	0.0400	0.0352
14	0.0000	0.1438	0.0089	0.0050	0.1003	0.0178	0.0459	0.5143	0.7833	0.0088	0.0336	0.0000	0.0000	0.5805	0.0422
15	0.8965	0.0285	0.0083	0.0030	0.1863	0.0103	0.0292	1.4782	0.0275	0.0086	0.0127	0.0400	0.5805	0.0000	0.0202
16	0.0000	41.0133	0.0313	0.0113	0.1199	0.1445	0.0000	0.0737	0.0000	0.0279	0.0000	0.0000	0.0000	0.0202	0.0000

Rute hasil *Ant Colony Optimization*

Rute	Total Permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-10-12-8-16-2-9-15-1	290	36,2
1-7-5-3-11-6-1	190	61,5
Total jarak		97,7

Pembangkitan bilangan random untuk mutasi

Rute 1	13	14	10	12	8	16	2	9	15
	0,7259	0,5798	0,7604	0,5298	0,6405	0,2091	0,3798	0,9833	0,4808
Rute 2	7	5	3	11	6	1			
	0,4611	0,5678	0,7942	0,0592	0,6029	0,0503			

Rute terbaik hasil mutasi

Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
1-13-14-10-13-8-16-2-9-1	240	31,3
1-7-5-3-11-6-15-1	240	62,9
Total jarak		94,2

Rute hasil *2-opt*

<i>move</i>	Rute	Total permintaan	Jarak (Km)
10 9	1-13-14-9-2-16-8-12-10-1	240	29
7 15	1-5-7-3-11-6-14-1	240	62,9
Total jarak			91,0

Update Pheromone global

	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.00021	0.00021	0.00021	0.00098	0.00147	0.00353	0.00102	0.00093	0.00243	0.00021	0.00021	0.00472	0.00241	0.00391	0.00121
2	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00121	0.00435	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00093	0.00021	0.00411
3	0.00021	0.00021	0.00021	0.00403	0.00021	0.00143	0.00021	0.00021	0.00021	0.00472	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021
5	0.00098	0.00021	0.00403	0.00021	0.00021	0.00455	0.00102	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021
6	0.00147	0.00021	0.00021	0.00119	0.00021	0.00056	0.00021	0.00093	0.00021	0.00472	0.00021	0.00021	0.00162	0.00133	0.00121
7	0.00353	0.00021	0.00143	0.00357	0.00056	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00106	0.00021	0.00021	0.00021
8	0.00102	0.00121	0.00021	0.00102	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00428	0.00021	0.00021	0.00021	0.00361
9	0.00093	0.00435	0.00021	0.00021	0.00093	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00179	0.00333	0.00021
10	0.00243	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00472	0.00271	0.00102	0.00022	0.00021
11	0.00021	0.00021	0.00472	0.00021	0.00472	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021
12	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00428	0.00021	0.00472	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00102
13	0.00472	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021	0.00106	0.00021	0.00021	0.00271	0.00021	0.00021	0.00021	0.00238	0.00021	0.00021
14	0.00241	0.00093	0.00021	0.00021	0.00162	0.00021	0.00021	0.00179	0.00102	0.00021	0.00021	0.00238	0.00021	0.00256	0.00021
15	0.00391	0.00021	0.00021	0.00021	0.00141	0.00021	0.00021	0.00333	0.00022	0.00021	0.00021	0.00021	0.00256	0.00021	0.00021
16	0.00121	0.00376	0.00021	0.00021	0.00121	0.00021	0.00394	0.00021	0.00021	0.00021	0.00102	0.00021	0.00021	0.00021	0.00021

CURRICULUM VITAE

I. DATA DIRI

Nama : Linda Mustika Ranny
Tempat, tanggal lahir : Bantul, 24 Januari 1995
Status Perkawinan : Belum menikah
Jenis Kelamin : Perempuan
Tinggi Badan : 158 cm
Agama : Islam
Alamat Tinggal : Cempluk RT 05, Mangunan, Dlingo, Bantul, DI Yogyakarta
No. Handphone : 083852597119
E-mail : kyopta777@gmail.com



II. PENDIDIKAN

1. SDN Pundung 02 (2002-2007)
2. SMPN 1 Imogiri (2007-2010)
3. SMAN 1 Jetis (2010-2013)
4. UIN Sunan Kalijaga S1 Prodi Matematika (2013-2018)

III. KETERAMPILAN

Komputer : Ms. Word, Ms. Excel, Power Point, Latex

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA